



**Carlos Eduardo
Machado Martins**

Biomassa: O Potencial do Rio Grande do Sul.



**Carlos Eduardo
Machado Martins**

Biomassa: O Potencial do Rio Grande do Sul.

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Gestão e Políticas Ambientais, realizada sob a orientação científica do Professor Doutor Luís António da Cruz Tarelho, Professor Associado do Departamento de Ambiente e Ordenamento da Universidade de Aveiro e sob coorientação da Professora Doutora Regina Célia Espinosa Modolo, Professor Assistente I – Universidade do Vale do Rio dos Sinos.

Dedico este trabalho aos meus antepassados e às gerações futuras.

o júri

presidente

Prof.^a Doutora Myriam Alexandra dos Santos Batalha Dias Nunes Lopes
Professora Auxiliar do Departamento de Ambiente e Ordenamento da Universidade de Aveiro

vogal

Prof. Doutor Luís António da Cruz Tarelho
Professor Associado do Departamento de Ambiente e Ordenamento da Universidade de Aveiro

arguente

Prof. Doutor Augusto Miguel Rosa Lopes
Professor Adjunto Convidado da Escola Superior de Tecnologia e Gestão - Instituto Politécnico do Porto

agradecimentos

Agradeço a Deus acima de tudo.

Agradeço ao meus pais pela vida.

Agradeço minha família, amigos e a todos que de alguma forma contribuíram para que eu chegasse até aqui.

Um especial agradecimento aos meus amigos portugueses que foram de vital importância no êxito do meu sucesso, vocês são parte da minha família.

Obrigado Universidade de Aveiro, meu orientador, professores e funcionários.

Obrigado Portugal, Obrigado Brasil.

O filho mais novo de cinco irmãos, uma mãe professora e um pai industrial.

palavras-chave

Rio Grande do Sul, descarbonização, potencial energético, biomassa

resumo

O Rio Grande do Sul é o estado mais ao sul do Brasil. É um estado de formação geológica, ambiental e climática diferente, em muitos aspectos, dos muitos estados da federação, com estações mais definidas, inverno frio e verão de temperaturas altas. Possui uma grande extensão e uma elevada quantidade de terras disponíveis para exploração com atividades econômicas. Entre as atividades que fazem uso da terra algumas se destacam, como sejam a atividade florestal e a cultura do arroz, inseridas no agronegócio. Este trabalho faz um levantamento da produção e do potencial energético de alguns dos subprodutos e dos resíduos destas atividades, abordando métodos de combustão, valores e volumes de produção no Rio Grande do Sul e, em determinados momentos, no Brasil em geral e também em Portugal. Este trabalho pretende ainda conhecer as boas práticas energéticas de Portugal como um possível exemplo de aplicação no Estado do RS, revendo instrumentos legais e dados semelhantes, como sejam volumes de produção e conversão das fontes de biomassa em insumo energético com potencial para suprir as demandas atuais e futuras, através de uma fonte renovável mais equilibrada para auxiliar na descarbonização da economia.

keywords

Rio Grande do Sul, decarbonization, energy potencial, biomass

abstract

The State of Rio Grande do Sul is the southernmost state in Brazil. It is a State of geological, environmental and climatic formation different in many respects from the other States of the federation, with more defined seasons, cold winter and high summer temperatures. It has a great extension and a high amount of land available for exploration with economic activities. Among the activities using land, some stand out, such as the forest activity and the rice cultivation, inserted in the agribusiness. This work examines the production and energy potential of some by-products and wastes in these activities, addressing combustion methods, values and production volumes in Rio Grande do Sul and, in some circumstances, in Brazil as a whole and also in Portugal. This work also intends to know the good energy practices of Portugal as a possible example for application in the State of Rio Grande do Sul. In this sense, it will review legal instruments and similar data, such as production volumes and conversion of biomass sources into an energy input with the potential to meet the current energy demands, through a more balanced renewable source to help decarbonise the economy.

Índice

Índice de Figuras	xvi
Índice de Tabelas	xvi
Índice de Gráficos	XVII
Lista de Abreviaturas / Nomenclatura	xviii
1. INTRODUÇÃO	1
1.1 Objetivo Geral	1
2. METODOLOGIA.....	3
3. O ESTADO DA ARTE	5
3.1 Matriz Energética Mundial	5
3.2 Biomassa e Bioenergia.....	11
3.3 Cenário Mundial para Biomassa	12
3.4 Tipos de Biomassa e suas Características como Recurso Energético	14
3.5 Tecnologias de Conversão Energética da Biomassa	17
3.5.1 Processos Bioquímicos	17
3.5.2 Processos Físicos/Químicos	18
3.5.3 Processos Termoquímicos	18
3.5.3.1 Processos e tecnologia de Combustão	18
3.5.3.2 Processos e tecnologia de Gasificação	24
3.5.3.3 Processos e Tecnologia de Pirólise	25
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	27
4.1 Processo da Biomassa.....	44
4.2 Conversão Energética	49
4.3 Análise Ambiental.....	62
5. CONCLUSÃO.....	81
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	83

Índice de Figuras

Figura 1 - Fontes de Biomassa	15
Figura 2 - Composição química dos combustíveis sólidos.....	16
Figura 3 - Leito fluidizado com grelha inclinada	23
Figura 4 - Leito fluidizado horizontal.....	24
Figura 5 - Ocupação do solo	30
Figura 6 - Mudança na cobertura e uso da terra, parte meridional do RS.....	31
Figura 7- Ocupação da terra no RS por algumas atividades.....	32
Figura 8 - Biomassas por região do Brasil	33
Figura 9 - Florestas plantadas e recursos hídricos.....	34
Figura 10 - Distribuição espacial das florestas plantadas por município	37
Figura 11 - Distribuição das indústrias de base florestal	38
Figura 12- Zonas climáticas	39
Figura 13 - Regiões gaúchas produtoras de arroz	41
Figura 14 - Fogo em plantação de Cana.....	67

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Dados globais energéticos	7
Tabela 2 - Fornecimento total de energia primária proveniente de energias renováveis a nível mundial (%)	14
Tabela 3 - Variação de fontes de Biomassa.....	16
Tabela 4 - Composição química de algumas Biomassas.....	17
Tabela 5 - Componentes químicos e seus efeitos.....	21
Tabela 6 - Usinas de Biomassa a partir da casca do arroz	52
Tabela 7- Benefícios associados ao uso da Biomassa	66
Tabela 8 - Custos comparativos entre tipos de Biomassa	69
Tabela 9 - Painel comparativo entre fontes energéticas	74
Tabela 10 - Consumo energético setorial.....	75
Tabela 11 - Equivalência de Biomassa no atendimento aos setores	76

Índice de Gráficos

Gráfico 1 - Projeções sobre a matriz energética mundial para 2035, considerando três cenários possíveis.....	7
Gráfico 2 - Oferta total de energia primária mundial (TPES) de 1971 a 2015 por combustível (Mtoe).....	8
Gráfico 3 - Fornecimento total de energia primária – Brasil	9
Gráfico 4 - Fornecimento total de energia primária – Portugal.....	10
Gráfico 5 - Oferta total de energia primária de todas as energias renováveis.....	13
Gráfico 6 - Mudanças na cobertura e uso da terra no Brasil	29
Gráfico 7 - Representação do uso da terra no Brasil	29
Gráfico 8 - Representatividade do RS quanto aos plantios florestais.....	35
Gráfico 9 - Evolução da área plantada por gênero RS.....	35
Gráfico 10 - Produtividade das florestas plantadas brasileiras comparada com outros países.....	39
Gráfico 11 - Produção de arroz	42
Gráfico 12 - Produção de cana, açúcar e etanol	43
Gráfico 13 - Produção industrial de carvão vegetal.....	45
Gráfico 14 - Produção industrial de cavacos.....	45
Gráfico 15 - Produção industrial de painéis reconstituídos	46
Gráfico 16 - Produção industrial de madeira serrada	46
Gráfico 17 - Produção industrial de pellets.....	47
Gráfico 18 - Produção de madeira e alguns derivados em Portugal	49
Gráfico 19 - Evolução da cogeração com cana de açúcar no Brasil	51
Gráfico 20 - Consumo de lenha do Rio Grande do Sul	53
Gráfico 21 - Potência instalada no Brasil com Biomassa	54
Gráfico 22 - Geração proporcionada por fonte para eletricidade.....	55
Gráfico 23 - Uso da Biomassa por setor no Brasil.....	56
Gráfico 24 - Consumo e produção Brasileira de carvão vegetal (10 ⁶ t).....	57
Gráfico 25- Disponibilidade energética do Brasil.....	58
Gráfico 26 - Exportação de cavacos no RS	59

Gráfico 27- Mix de produção elétrica em Portugal 2017	59
Gráfico 28 - Evolução da produção elétrica por fonte	60
Gráfico 29 - Participação das renováveis na geração elétrica.....	61
Gráfico 30 - Distribuição no consumo de eletricidade	62
Gráfico 31 - Preço médio por fonte de eletricidade pago pelo país em leilão (R\$/MWh e US\$/MWh).....	72
Gráfico 32 - Custo médio de geração de energia renovável, na faixa de combustíveis fósseis em 2017	73
Gráfico 33 - Emissões do setor pelo consumo de energia	78
Gráfico 34 - Comparativo de emissões per capita (2014), em tCO ₂ /hab. atualização ano 2016.	78
Gráfico 35 - Intensidade da emissão de GEE relativa ao consumo de energia, Portugal e UE-28.....	80

Lista de Abreviaturas / Nomenclatura

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas
 ABRAF - Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas
 AGEFLOR - Associação Gaúcha de Empresas Florestais
 ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica
 ANPEB - Associação Nacional de Pellets Energéticos de Biomassa
 APA - Agência Portuguesa do Ambiente
 APREN - Associação Portuguesa de Energias Renováveis
 BCSD - Conselho Empresarial para o Desenvolvimento Sustentável
 BEN - Balanço Energético Nacional
 BH - Bacias hidrográficas
 CE - Comunidade Europeia
 CNP - Conselho Nacional do Petróleo
 COGEM - Associação da Indústria de Cogeração de Energia
 CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento
 COP 21 – Conferência das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
DGEG - Direção Geral de Energia e Geologia
EDP - Energias de Portugal
EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EPE - Empresa de Pesquisa Energética
EUA – Estados Unidos da América
FER - Fonte de Energia Renovável
GEE – Gases de Efeito Estufa
GLP – Gás Liquefeito de petróleo
GWh – Gigawatt-hora
ha – Hectare
IBÁ - Indústria Brasileira de Árvores
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICNF - Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas
IEA – International Energy Agency
ILPF - Integração Lavoura Pecuária e Floresta
INE - Instituto Nacional de Estatística
IRENA – International Renewable Energy Agency (Agência Internacional para as Energias Renováveis)
IRGA - Instituto Rio Grandense do Arroz
ISO – International Organization for Standardization
Kcal - Quilocaloria
Kcal/kg – Quilocaloria por Quilograma
Kg – Quilograma
Kg/m³ – Quilograma por Metro Cúbico
kW – Quilowatt
KWES - Key World Energy Statistics
m³ - Metro Cúbico
MDF - Placa de Fibra de Média Densidade
MMA - Ministério do Meio Ambiente
MME - Ministério de Minas e Energia
Mtoe – Mil Tonelada Equivalente de Petróleo

MW – Megawatt
MWh – Megawatt hora
NBR - Norma Brasileira
OIE – Oferta Interna Energia
OIEE - Oferta Interna de Eletricidade
PCH - Pequena Central Hidrelétrica
PCI - Poder Calorífico Inferior
PERS - Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Rio Grande do Sul
PIB - Produto Interno Bruto
PP - População
PROÁLCOOL - Programa Nacional do Álcool
PROINFA - Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica
RS - Rio Grande do Sul
SEEG - Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa
SIN - Sistema Interligado Nacional
SME - Secretaria de Minas e Energia do Estado do Rio Grande do Sul
TPES - Total Primary Energy Supply
toe - Tonelada Equivalente de Petróleo
TWh - Terawatt-hora
UE – União Europeia
UNEP - United Nations Environment Programme
UPN - Unidades de paisagem natural
UTE - Usina Termelétricas
VAB - Valor Acrescentado Bruto
WBA - World Bioenergy Association
ZAS - Zoneamento Ambiental da Silvicultura

1. INTRODUÇÃO

Este trabalho pretende dar um contributo para o conhecimento da forma como a biomassa é valorizada como insumo energético dentro do Brasil e, em particular, no Estado do Rio Grande do Sul. A escolha desta temática é fruto de um período de qualificação passado em Portugal, onde me foi dado a perceber que o país, embora tenha uma base energética mais restrita quando comparado com a realidade brasileira, consegue utilizar de forma mais eficiente as fontes disponíveis em território nacional. Considero que é importante para o Brasil perceber a forma como Portugal procura um melhor aproveitamento destas fontes e caminha para uma descarbonização da sua economia, evitando fontes de custo mais elevado e com maiores restrições ambientais.

1.1 Objetivo Geral

O objectivo deste trabalho é realizar uma análise do cenário para produção de bioenergia no Brasil, em particular no Estado do Rio Grande do Sul e, em algumas circunstâncias, compará-lo com o cenário de Portugal. Pretende-se compilar as informações sobre alguns tipos de biomassa, a sua disponibilidade e a sua utilização em algumas aplicações como a geração de calor para processos industriais, aquecimento doméstico e produção de electricidade. Serão ainda analisados alguns aspetos e impactos ambientais relacionados com a questão do seu uso como alternativa aos combustíveis fósseis.

2. METODOLOGIA

Numa primeira fase o trabalho se baseia em levantamento de informação com base em dados da literatura disponíveis, em meios físicos e digitais, sobre os recursos de biomassa no Brasil, de forma global e, mais especificamente, do Estado do Rio Grande do Sul e no levantamento dos dados da literatura existente sobre os recursos de Portugal, em aspectos pré-selecionados e relevantes sobre o tema, que irão ser depois comparados com os dados do Brasil.

Em um segundo momento, pretende-se avaliar a utilização da biomassa para energia primária usada na geração de calor ou eletricidade, de uma forma geral. Pretende-se ainda avaliar a disponibilidade energética do carvão vegetal vindo de fontes como eucalipto, pinheiro ou acácia, demais tipos de biomassa como casca do arroz e cana de açúcar e as lenhosas já citadas que possam ser tratadas ou beneficiadas para uso energético. Será também realizado o levantamento de alguns custos que estejam relacionados com a utilização da biomassa para energia e o apontamento de outras aplicações da biomassa como para pasta de papel e geração de etanol.

E por último, será realizada uma análise dos instrumentos legais de uso e incentivo na área da biomassa nos países em estudo, procurando saber quais os incentivos ao plantio, consumo e exportação e, dentro da política energética nacional, qual o papel dado à biomassa.

Esse estudo pode beneficiar organismos, entidades e outros pesquisadores da mesma área que tenham interesse pelo tema e suas potencialidades (Gil, 2002), agrupando as informações e contribuindo para o entendimento acerca do estado atual da produção e utilização da biomassa no Rio Grande do Sul e em Portugal, estabelecendo comparações para avaliar as melhores e mais eficientes formas de exploração destas matérias-primas, numa vertente ambiental, económica e do enquadramento legal.

3. O ESTADO DA ARTE

3.1 Matriz Energética Mundial

O cenário mundial para as demandas energéticas está sempre em desenvolvimento na história da evolução do homem, desde o uso da madeira e sua conversão em carvão até formas mais sofisticadas de enriquecimento de elementos radioativos. O desenvolvimento energético de novas fontes acompanhou o desenvolvimento industrial, desde o vapor, o petróleo até a eletricidade. As crises e as guerras obrigaram à busca por novas alternativas devido aos preços elevados no caso do petróleo ou a preços exagerados em função da demanda por alguma fonte específica.

Faz-se importante esclarecer a relação entre os termos matriz energética e matriz elétrica. A matriz elétrica é formada pelas fontes disponíveis que se convertem em eletricidade e a matriz energética é formada por todas as fontes produzidas em uma sociedade, incluindo a eletricidade e demais fontes de energia usadas em transporte, residências e indústrias (EPE, 2015).

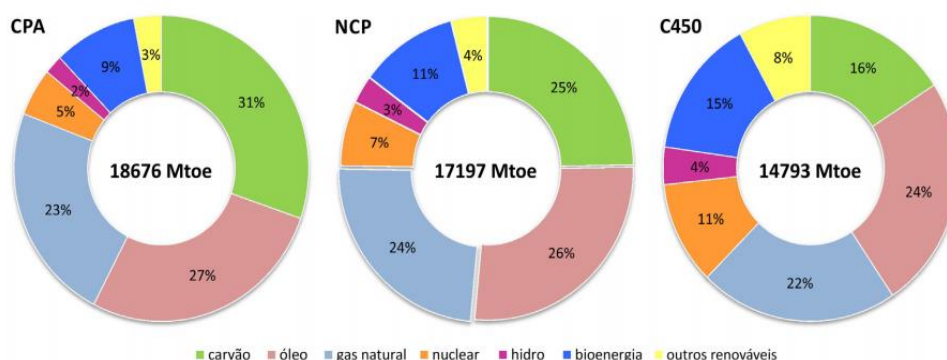
Atualmente há poucos países autossuficientes na sua demanda energética, mas o Brasil se encontra em uma situação privilegiada por ser um grande produtor de alimentos e produzir boa parte da energia que consome. Há exemplo de outros países que importam gêneros básicos e/ou produzem sua eletricidade através de fontes poluidoras como o carvão usado, por exemplo, na China durante muito tempo como principal fonte. Atualmente este país vem trabalhando para reverter este cenário e projeta ser uma grande potência em energia renovável (IRENA, 2017). Outro fator a considerar é que nomeadamente os países ricos sempre foram grandes poluidores, em função da sua economia, colocando à frente das questões ambientais seus interesses econômicos, promovendo, em muitas situações, poluição e danos ambientais sem preocupações aparentes.

Atualmente a demanda energética mundial possui algumas deficiências em setores específicos de consumo, podendo deixar economias por vezes

desabastecidas ou em situação de racionamento. Conforme Rocha et al. (2013), nos próximos 20 a 30 anos a possível mudança da matriz energética mundial contará com a contribuição de cada combustível, estando associada às condições econômicas, variação de preços e de impactos no ambiente. Mudanças de longo prazo são um desafio para a oferta energética mundial, pois estão vinculadas à ação dos governantes que têm um impacto direto sobre o mercado e a um aumento populacional de 1,7 mil milhões de pessoas no planeta até 2035.

A demanda energética mundial vem aumentando anualmente e a disponibilidade de novas fontes energéticas, a dependência dos hidrocarbonetos e as preocupações ambientais estão mudando a ótica sobre os recursos, assim como sobre a eficiência do seu uso. A biomassa surge como alternativa, no meio de tantas possibilidades. Segundo Nones (2014), a biomassa possui características que a enquadram como alternativa ambientalmente correta, pois além de ser renovável, possibilita a destinação apropriada dos resíduos florestais, agrícolas e agroindustriais.

O potencial energético de cada uma dessas fontes pode variar conforme a sua origem, o manejo e a tecnologia empregada no seu processamento, influenciando as projeções futuras na busca pelo cenário ideal proposto para os próximos anos (Gráfico 01). Para cada escolha na matriz energética, deve ser observada a viabilidade técnica com os melhores retornos econômicos de cada tipo de biomassa e da tecnologia a ser empregada, visando a otimização dos resultados em cada empreendimento (Cardoso, 2012).



Cenário de Política Atual (CPA). Novo Cenário de Políticas (NCP) e Cenário 450 (C450)

Gráfico 1 - Projeções sobre a matriz energética mundial para 2035, considerando três cenários possíveis Fonte: Rocha et al., 2013

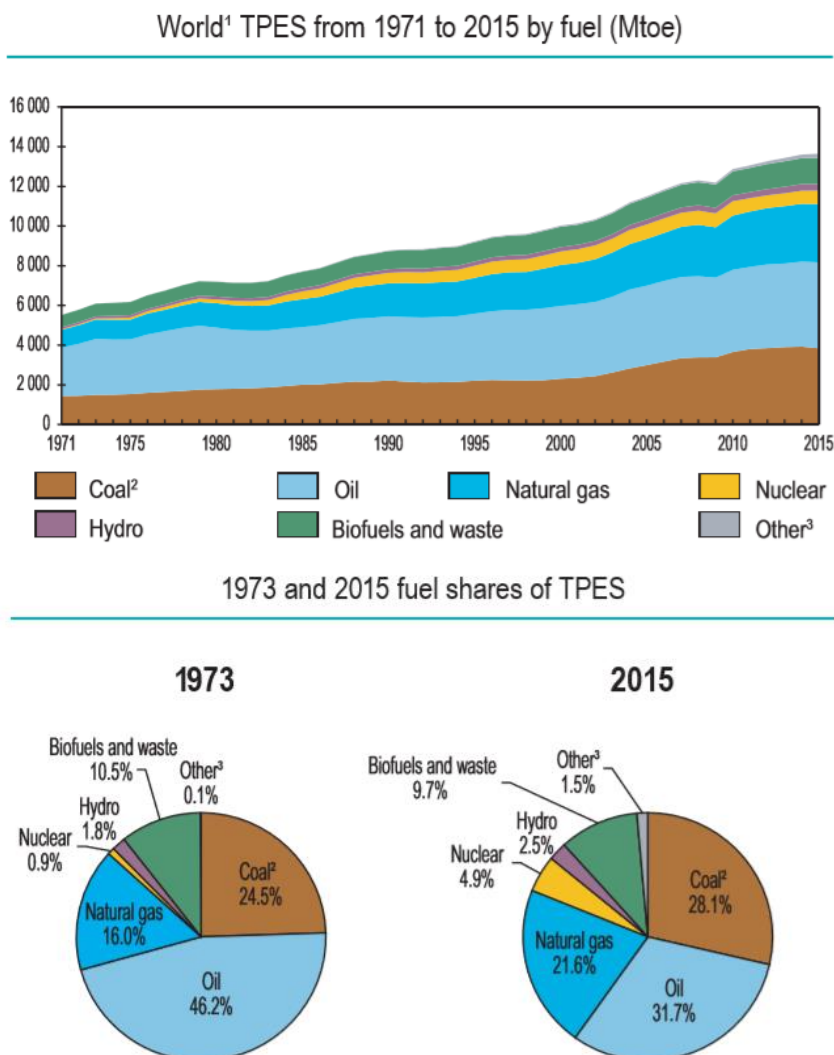
As teorias para o futuro cenário mundial das demandas energéticas contidas na tabela 01, não são consensuais entre autores e agências mundiais que fazem compilação e estudos de dados; os maiores questionamentos se dão entre a segurança energética que é posta em confronto com a segurança alimentar e o desflorestamento de grandes áreas verdes, com grande sensibilidade ambiental e ampla biodiversidade, convertidas em pastagens ou exploradas por grandes latifúndios com vista ao lucro e sem preocupação com a sustentabilidade e preservação ambiental.

Tabela 1 - Dados globais energéticos

Adaptado de IEA, 2017

Economia/Pais	População (milhões)	TPES (Mtoe)	TPES/pop. (toe/capita)	CO ² /pop. (t CO ² /capita)	Eletr. Cons. (TWh)
Mundial	7335	13647	1,86	4,4	22386
China	1371	2973	2,17	6,59	5548
USA	321	2188	6,8	15,53	4128
Índia	1311	851	0,65	1,58	1126
Rússia	144	709	4,93	10,19	949
Japão	127	429	3,38	8,99	998
Alemanha	81	307	3,77	8,93	573
Brasil	207	298	1,43	2,17	523
Coréia	50	272	5,39	11,58	534

O Brasil, embora com uma elevada extensão territorial, ocupa a sétima posição no que diz respeito ao consumo de energia primária, no contexto mundial, permanece o predomínio das fontes tradicionais de origem fóssil (Gráfico 02).



1. Mundial: inclui a aviação internacional e navegação marítimas internacionais.
2. Nestes gráficos, a turfa e o xisto betuminoso são agregados ao carvão.
3. Inclui geotérmica, solar, vento, maré / onda / oceano, calor e outros.

Gráfico 2 - Oferta total de energia primária mundial (TPES) de 1971 a 2015 por combustível (Mtoe) Fonte: IEA, 2017

Em termos de energias renováveis, o Brasil passa para quarta posição em exploração, segundo ranking Enerdata (2017), onde mais de 80% da energia gerada provém de fontes renováveis, sendo também um dos maiores

consumidores desta fonte. A nível mundial, os países que mais consomem energia nem aparecem nessa lista dos consumidores das renováveis. O Brasil possui uma área territorial com mais de 8 mil milhões de km² e 207 milhões de habitantes (IBGE 2017), e se comparado a Portugal é quase cem vezes maior, porém o aproveitamento dessas fontes é 50% superior no território português, demonstrando um aproveitamento satisfatório deste país e um péssimo aproveitamento por parte do Brasil, que sobrecarrega algumas fontes (Gráfico 03), devido à grande disponibilidade e não olha para o futuro, introduzindo fontes mais limpas e renováveis na sua matriz.

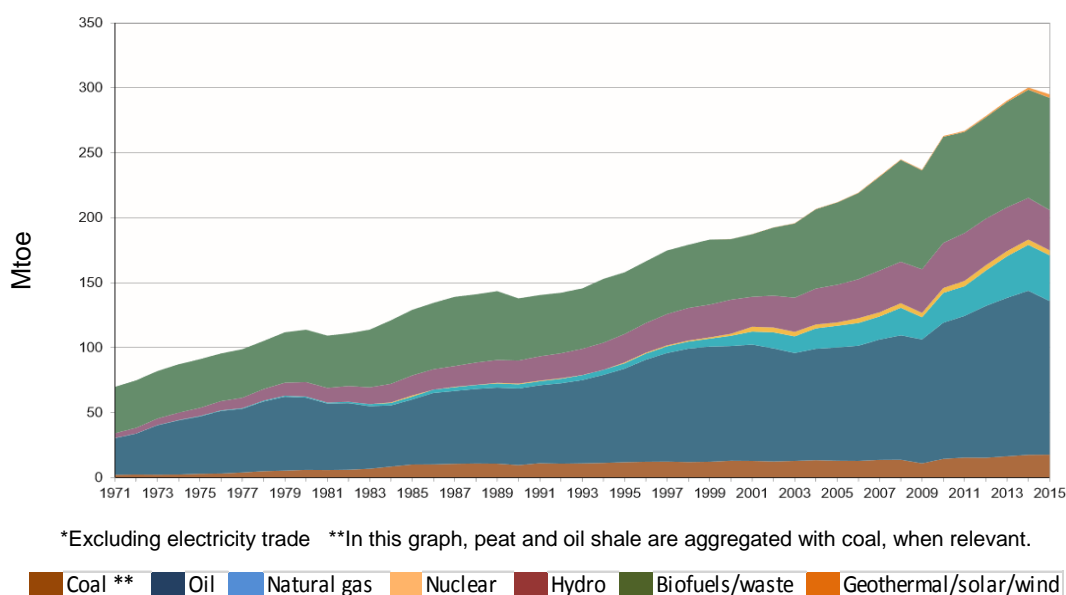


Gráfico 3 - Fornecimento total de energia primária – Brasil - Fonte: IEA, 2017

Há que observar que Portugal, desde início dos anos 2000, vem reduzindo a sua dependência de combustíveis fósseis, desenvolvendo e diversificando outras fontes de geração (Gráfico 04), mais sustentáveis e com menos impacto no meio ambiente.

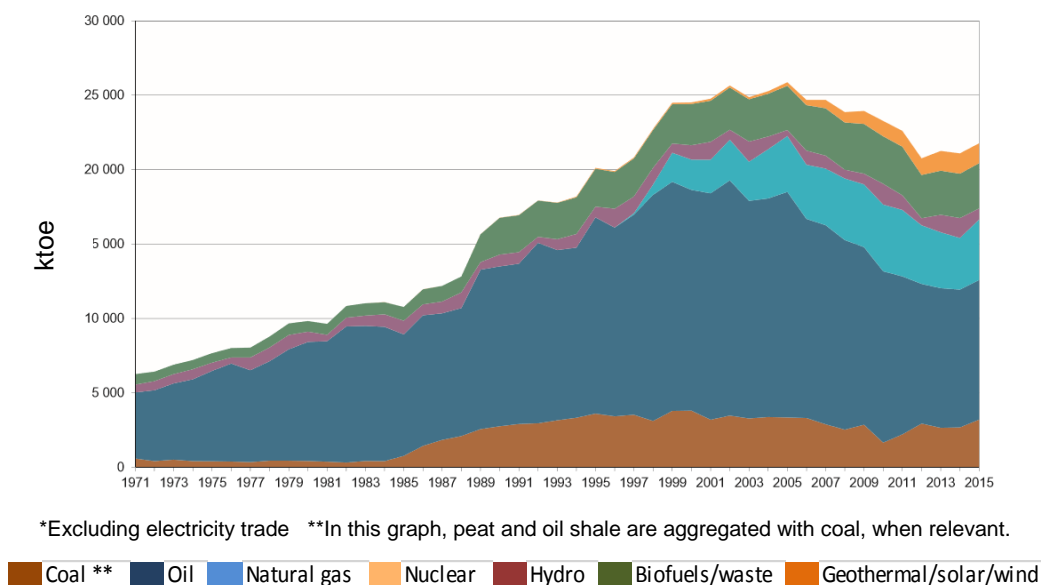


Gráfico 4 - Fornecimento total de energia primária – Portugal - Fonte: IEA, 2017

No quadrante das energias renováveis, a bioenergia assume um papel relevante como recurso de energia primária a nível mundial. Neste contexto da bioenergia encontra-se a fracção biodegradável de produtos, resíduos e detritos de origem biológica provenientes da agricultura (incluindo substâncias de origem vegetal e animal), da exploração florestal e de indústrias afins, incluindo da pesca e da aquicultura, bem como a fracção biodegradável dos resíduos industriais e urbanos (Directiva 2009/28/CE).

A importância da biomassa como um dos recursos energéticos mais antigos utilizados pelo homem, contribuiu para sua sobrevivência desde a pré-história, atendendo às necessidades mais simples como aquecimento e preparação de alimentos. Atualmente, a biomassa tem assumido também importância na perspectiva de substituir uma fracção dos combustíveis fósseis nalgumas aplicações e contribuir para mitigar os efeitos das alterações climáticas, com sequestro de carbono, indo além na mitigação dos efeitos provocados pela ação humana em diversos ambientes como o terrestre e o aquático.

A crescente preocupação com o aumento dos preços dos combustíveis fósseis para transporte, geração de calor e eletricidade, tem servido de força motriz para as economias de alguns países se direcionarem para a utilização de biocombustíveis na sua matriz energética, servindo também como alavanca para

as estratégias econômicas nacionais no domínio da energia. Esta opção pela bioenergia tem vários aspectos vantajosos, como são a diversificação de recursos e a segurança energética. Embora de forma menos eficiente do que quando utilizados para certas aplicações, comparado a outras fontes energéticas, para produção de eletricidade ou no fabrico de produtos derivados como no caso da biomassa florestal que não sofre com as intempéries, os biocombustíveis podem ainda assim, ser uma escolha da sociedade (BCSD Portugal, 2007).

3.2 Biomassa e Bioenergia

Desde os primórdios da evolução humana o homem passou a ter contacto com o fogo e, a partir desse momento, viu-se com capacidade para dominar essa energia e descobrir cada vez mais técnicas para a utilização dessa força da natureza. Deu assim um grande passo para a sua evolução, dominando a técnica da cocção dentro da sua cultura extrativista.

Com o passar dos séculos as descobertas foram evoluindo, assim como o homem e a utilização das forças da natureza; novas fontes de energia com capacidade de combustão foram surgindo, bem como os problemas relacionados com elas, tanto no seu uso quanto na sua extração. Durante muitos anos, o homem utilizou a extração vegetal, de forma alienada segundo Cardoso (2012), o processo era realizado sem quaisquer preocupações com os impactos que poderiam advir da sua execução, pois acreditava-se que os recursos naturais e os combustíveis fósseis eram fontes abundantes de energia, sem previsão de esgotamento.

Na atualidade o cenário energético tem outra dimensão, pois o homem passou por diversos processos evolutivos, tanto a nível do desenvolvimento de novas fontes quanto de um consumo energético cada vez maior, passando por crises que impulsionaram essas outras fontes de energia, até então pouco desenvolvidas.

A busca por alternativas energeticamente mais sustentáveis tem por objetivo atender essa crescente demanda por energia no âmbito mundial e, como

alternativas, surgem a energia solar, a energia eólica, a energia atômica e a energia proveniente das biomassas (Cardoso, 2012).

De entre as alternativas para novos recursos energéticos, a biomassa e consequentemente a bioenergia, vem recebendo grande atenção nos últimos anos, tendo destaque a nível mundial nos países com grande capacidade de produção, especialmente aqueles com alta incidência de radiação solar e boas condições edafoclimáticas, localizados na faixa tropical e subtropical, entre os Trópicos de Câncer e Capricórnio, com extenso território e com disponibilidade expressiva de terras agriculturáveis, indústria e agropecuária madura (MME, 2007).

Por ser um material degradável, a biomassa possui muitas aplicações, e contribui para os ciclos biogeoquímicos e uso no campo onde os restos da colheita desempenham um papel de extrema importância para o solo, na incorporação e na manutenção da flora microbiana presente no mesmo (Chaer e Tótola, 2007 cit. por Oliveira e Mendes, 2016). A biomassa permite a substituição e redução no uso de combustíveis fósseis, como petróleo e seus derivados, carvão mineral ou gás natural, ou mesmo a substituição da eletricidade, quando esta é gerada em sistemas de geração termoeletrônicos, com uso de combustíveis fósseis (Serrano, 2009).

Em termos de geração de biocombustível, o Brasil destacou-se pelo pioneirismo em 1975, com o Programa Nacional de Álcool (Proálcool), programa pioneiro de biocombustíveis, que teve como principal objetivo produzir um combustível alternativo nacional, de forma a reduzir os impactos econômicos, já que, após os choques da crise do petróleo, em 1973 e 1979, este produto e seus derivados tiveram um considerável aumento de preço (EPE, 2016).

3.3 Cenário Mundial para Biomassa

No contexto Mundial, a biomassa é o principal recurso energético renovável, como se pode ver no gráfico 05, pois está presente em quase todos os locais do planeta.

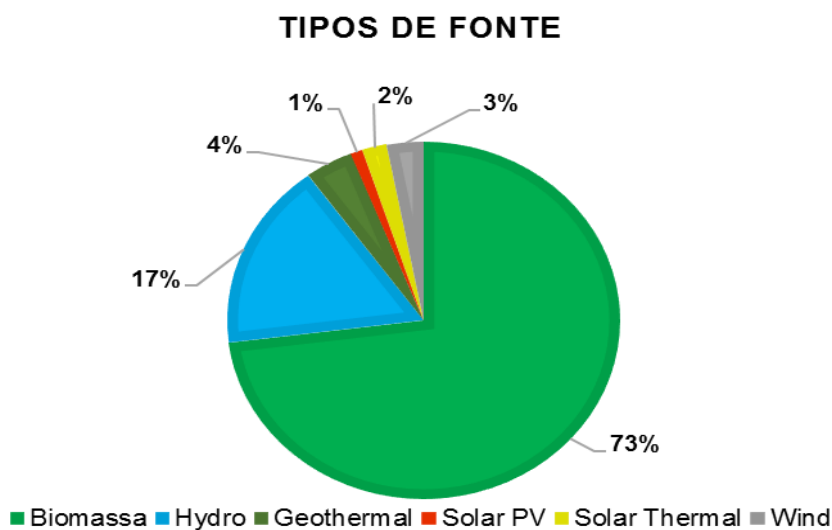


Gráfico 5 - Oferta total de energia primária de todas as energias renováveis Fonte: WBA (World Bioenergy Association), 2017

A biomassa como recurso energético no contexto mundial ainda é largamente utilizada tradicionalmente para cozinhar, principalmente nos países em desenvolvimento altamente populosos (como no continente Africano), onde boa parte dos habitantes não tem acesso a eletricidade ou energia.

Os países desenvolvidos, mesmo sendo mais poluidores, visam fazer o uso mais sustentável da biomassa, principalmente as de origem lenhina-celulósica, com uma preocupação econômica e ecológica dentro de um contexto preservacionista. Dentro de um contexto global, a biomassa ocupa atualmente o maior percentual entre as energias renováveis (como é possível observar na tabela 02), porém o crescimento exponencial da utilização da energia solar projeta possíveis mudanças na matriz energética.

Tabela 2 - Fornecimento total de energia primária proveniente de energias renováveis a nível mundial (%) Fonte : WBA (World Bioenergy Association), 2017

	Total	Biomass	Hydro	Geothermal	Solar PV	Solar Thermal	Wind	Tide, wave and ocean
2000	55.0	43.0	9.43	2.19	0.00	0.21	0.11	0.002
2005	60.9	47.4	10.6	2.25	0.01	0.30	0.37	0.002
2010	71.2	54.2	12.4	2.62	0.12	0.66	1.23	0.002
2014	80.7	59.2	14.0	2.99	0.68	1.31	2.58	0.004
Growth (%)	2.78%	2.30%	2.87%	2.26%	45.1%	13.8%	25.1%	4.41%

3.4 Tipos de Biomassa e suas Características como Recurso Energético

No contexto da Gestão Ambiental, o uso da Biomassa entra como uma estratégia ambiental inovadora a integrar nos processos produtivos, sejam eles industriais ou agropecuários, reduzindo, reciclando e reutilizando materiais que antes eram dispensados ou rejeitados; e também preventiva, pois traz mais segurança e menos riscos para os seres humano e para a natureza, colocando as atividades relacionadas com a biomassa dentro de um melhor sistema de qualidade para o ambiente, boas práticas nos processos e enquadradas em normatizações internacionais de qualidade voltadas para o meio ambiente (PERS-RS, 2015).

Para o uso e o desenvolvimento de alguns tipos de biomassa dentro de um mercado sustentável dos biocombustíveis sólidos, são necessários alguns requisitos de qualidade, bem como sistemas de certificação dessa mesma qualidade. Atualmente os tipos mais utilizados são as de origem agrícola, animal e florestal, porém, a biomassa pode vir de várias fontes vivas, vegetais ou animais, que não tenham sofrido um processo de fossilização, e ela pode estar em estado líquido, gasoso ou sólido (Caleffi, 2016).

O uso da biomassa florestal é bastante elevado em particular no setor do aquecimento doméstico, onde se tornam necessários biocombustíveis de melhor qualidade, de forma a assegurar o funcionamento adequado dos equipamentos, o controlo de emissões e a preservação da qualidade do ar interior. Desta forma,

insere o usuário doméstico na cadeia de consumidores dos recursos de biomassa que têm origem em quatro principais fontes, como se observa na figura 01. Diferente ainda de outras renováveis, a biomassa é a única FER (Fonte de Energia Renovável) que integra carbono, sendo possível a comercialização desta fonte de energia química retida, para múltiplos fins (Leão e Gírio, 2016).

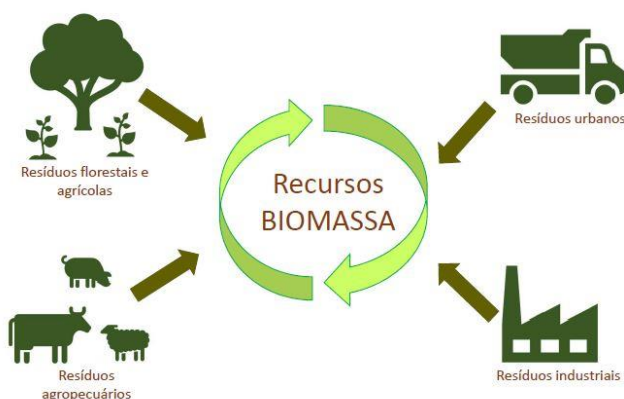


Figura 1 - Fontes de Biomassa Fonte: Show Energy, 2017

Os resíduos sólidos urbanos podem ser também enquadrados na perspectiva da biomassa e da bioenergia. Quantitativamente, os valores de matéria orgânica dos resíduos urbanos a nível do Brasil são próximos a 60%, podendo chegar a um potencial energético com poder calorífico médio inferior de 1300 kcal/kg (SME – Secretaria de Minas e Energia do Estado do Rio Grande do Sul, 2016). Assim, verifica-se que o Brasil desperdiça enormes quantidades de “energia” potencial, que acaba em aterros irregulares, contaminando o solo e a água e que poderia estar gerando energia, por exemplo em localidades mais remotas.

Outras fontes de biomassa usadas como recurso energético possuem poder calorífico mais elevado (como apresenta a tabela 03), mesmo com elevados valores de umidade (que pode variar entre 10 e 70%) presentes na origem destes produtos, o que em muitos casos pode elevar os custos de tratamento e beneficiamento para deixar a fonte em condições ideais de combustão.

Tabela 3 - Variação de fontes de Biomassa - Adaptado do original em Inglês de Ambroso, 2018 (Tradução do autor).

Tipo de Produto	Humidade (%)	Poder C. Inferior (kJ/kg)	Poder C. Inferior (kCal/kg)	Setor de Produção que Gera o Produto
Conchas de noz	10-20	19020	4542	Agricultura
Madeira de álamo	40-50	18190	4344	-----
Esterco de vaca	70	718	171	Criação de Vacas
Cascas de arroz	10 - 15	15270	3647	Agricultura
Estrume de aves misto	22 - 29	9215	2200	Criação de Frangos
Estrume puro de aves	20	10437	2492	Galinha poedeira
Podas de vinha	45 - 55	17840	4261	-----
Resíduos de azeitonas prensados	10 - 15	15500	3702	Produção de óleo de oliva
Talos de Milho sem espiga	50 – 60	16520	3945	Agricultura
Espigas de Milho	40 – 50	17580	4198	Agricultura

O poder calorífico das biomassas é variável por uma série de fatores, como sejam o tipo de solo e o clima onde estas biomassas são cultivadas. O processo de combustão é outro fator determinante que pode alterar o tipo e a quantidade de poluentes que podem ser enviados para a atmosfera. Na figura 02, temos o diagrama de Van Krevelen, onde a relação entre Oxigênio, Carbono e Hidrogênio demonstra o valor energético da biomassa.

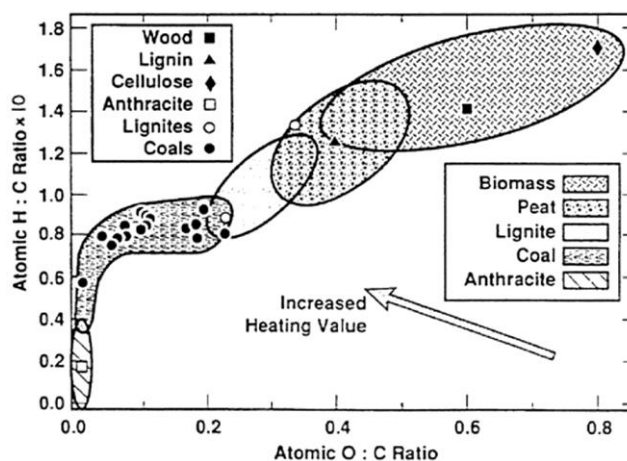


Figura 2 - Composição química dos combustíveis sólidos Fonte: Van Loo & Koppejan, 2007

Outros componentes químicos presentes na biomassa indicam a sua composição assim como a direcionam para a melhor modalidade de utilização, com adição de combustível, diversificação em sistemas de combustão, representação das emissões sólidas e gasosas. A tabela 04 mostra alguns elementos encontrados em determinadas fontes.

Tabela 4 - Composição química de algumas Biomassas - Adaptado do original em Inglês de UNEP, 2013 (Tradução do Autor).

Componente	Porcentagem em peso (Base Seca)					
	Carbono	Hidrogênio	Oxigênio	Nitrogênio	Enxofre	Cinza
Palha de trigo	48,5	5,5	39,9	0,3	0,1	5,7
Palha de Arroz	39,2	5,1	35,8	0,6	0,1	19,2
Casca de Arroz	38,5	5,7	39,8	0,5	<0,01	15,5
Bagaço	46,4	5,4	42,6	0,7	<0,01	4,9
Madeira dura	50,8	6,4	41,5	0,4	<0,01	0,9
Madeira macia	52,9	6,3	39,7	0,1	<0,01	1,0
Espiga de Milho	46,2	7,67	42,3	1,2	0,3	2,4
Talo de Algodão	45,3	5,6	45,3	0,5	<0,01	3,3
Carvão Antracito	78,8	2,3	2,5	0,9	0,5	15

3.5 Tecnologias de Conversão Energética da Biomassa

3.5.1 Processos Bioquímicos

Os processos bioquímicos na rota de conversão energética da biomassa são baseados na degradação da matéria orgânica; esses processos envolvem a utilização de microrganismos e enzimas, podendo ser em associação e até com uso de microrganismos recombinantes que expressam enzimas de outros organismos (Faria et al., 2016).

Os exemplos mais aplicados deste processo bioquímico são: (i) fermentação através da qual resulta o etanol, ácidos orgânicos e álcoois; (ii) digestão anaeróbica, utilizada para obtenção de biogás em biodigestores, que após sofrer tratamento pode ser queimado para produção de calor e/ou eletricidade, podendo

ainda produzir fertilizantes e, (iii) por último, a hidrólise, geralmente empregada na extração de açúcares voltado para uso na indústria alimentícia.

3.5.2 Processos Físicos/Químicos

O processo de conversão físico/químico congrega normalmente duas etapas de produção, compostas por uma ação de prensagem ou compressão e posteriormente por uma ação química. Geralmente é realizado com plantas vegetais oleaginosas para extração do óleo vegetal, e, de entre os mais explorados está o biodiesel, como sendo um combustível composto em sua fórmula por ésteres mono alquila com longas cadeias formadas por ácidos graxos decorrente de óleos de origem vegetal ou renovável (Faria et al., 2016). No processo de obtenção do biodiesel ocorre a transesterificação, processo através do qual a glicerina é removida do óleo vegetal, tornando o óleo mais fino e reduzindo assim a viscosidade (Rasera et al., 2016).

3.5.3 Processos Termoquímicos

Os processos de conversão termoquímicos envolvem a utilização de calor para o fracionamento e transformação dos compostos da biomassa, normalmente em ambientes com atmosfera controlada, levando estes a combustão, gaseificação ou pirólise (Lora e Salomon, 2004).

3.5.3.1 Processos e tecnologia de Combustão

O processo de combustão envolve a transformação da energia química dos combustíveis em energia térmica. O processo ocorre de forma direta, gerando calor por meio das reações dos elementos químicos constituintes (nomeadamente o Carbono e o Hidrogénio) com o oxigênio fornecido como comburente (normalmente ar atmosférico), e gerando produtos simples, maioritariamente dióxido de carbono e água.

Atualmente, o processo de combustão ou os vários processos de combustão aplicados à biomassa possuem aspectos positivos e negativos durante as etapas de execução, tanto em escala industrial como doméstica, sendo que os efeitos podem ser observados em vários níveis. As emissões têm impacto local, regional e global e o ambiente local é afetado pelas partículas lançadas na atmosfera, devido à qualidade do material comburente, ao tipo de processo e à eficiência do equipamento ou falta de “filtros”. Em nível regional provoca alterações no ambiente por precipitações acidificadas, alteradas basicamente pela presença de NO_x e SO_2 . Em escala global os efeitos podem ser sentidos pela redução na camada de ozônio e nas alterações climáticas (Van Loo & Koppejan, 2008).

A carga poluente gerada pela combustão da biomassa é de menor volume comparada a outras fontes fósseis usadas em combustão para geração de energia ou calor. Tal carga poluente pode ser composta por vários tipos de elementos como NO_x , SO_x , CO , SO_2 etc., contudo a composição destas emissões está relacionada a fatores como tipo de biomassa, tecnologia usada e processo de combustão, sendo que os efeitos nocivos destas emissões podem ser mitigados por ações primárias e/ou secundárias.

A escolha do equipamento de combustão precisa estar em acordo com o combustível a ser utilizado, a fim de melhorar a eficiência energética e reduzir problemas com combustão incompleta, que podem ocorrer durante a operação do equipamento devido a falta de oxigênio, tempo de residência muito curto, mistura inadequada, temperatura de combustão errada, entre outros. Os equipamentos utilizados para barrar as emissões geradas na combustão passam por filtros eletrostáticos, ciclones, filtros de bolsa, lavadores venturi, entre outros, de ação mais reduzida (Van Loo & Koppejan, 2008; Lisboa e Schirmer, 2007).

Essas medidas operacionais ou mitigatórias para combustão da biomassa visam colocar essa fonte de bioenergia dentro de alguns padrões já estabelecidos por organismos de pesquisa de países e instituições voltadas à defesa da saúde e meio ambiente.

Na tabela 05, podemos ver alguns exemplos de componentes e os efeitos causados pela geração de gases da combustão sobre a saúde e o meio ambiente.

Tabela 5 - Componentes químicos e seus efeitos - Adaptado do original em Inglês de Van Loo & Koppejan, 2008 (Tradução do autor).

Componente	Fontes de Biomassa	Impactos climáticos, ambientais e de Saúde
Dióxido de Carbonos (CO ₂)	Principal produto de combustão de todos os combustíveis de biomassa.	Clima: Direto Gases de efeito de estufa. No entanto, as emissões de CO ₂ provenientes da combustão de biomassa são consideradas neutras em termos de CO ₂ no que diz respeito ao efeito dos gases com efeito de estufa, uma vez que a biomassa é um combustível renovável.
Monóxido de Carbono (CO)	Combustão incompleta de todos os combustíveis de biomassa.	Clima: Indireto - Gás de efeito estufa através da formação de O ₃ Saúde: A redução do consumo de oxigênio é especialmente preocupante para as pessoas com asma. Sufocação em casos extremos.
Metano (CH ₄)	Combustão incompleta de todos os combustíveis de biomassa.	Clima: Direto - Gases de efeito estufa; Indireto - Gases de efeito estufa através da formação de O ₃
Partículas	Fuligem, carvão e hidrocarbonetos pesados condensados (alcatrão) resultantes da combustão incompleta de todos os combustíveis de biomassa. Cinzas voláteis e sais.	Clima e meio ambiente: Efeito estufa indireto por meio da formação de aerossóis. Efeitos indiretos de concentrações de metais pesados no depósito de partículas. Saúde: Efeito negativo no sistema respiratório humano. Efeitos carcinogênicos
Óxidos de	Produto de combustão	Clima e meio ambiente: Gases de efeito estufa indiretos através da formação de O e de

nitrogênio (NO _x) (NO, NO ₂)	incompleta de todos os combustíveis de biomassa que contenham azoto através de NO _x adicional, pode ser formado a partir de nitrogênio no ar sob certas condições.	aerossóis. Precipitação ácida. Dano à vegetação. Formação de <i>Smog</i> . Corrosão e danos materiais. Saúde: Efeito negativo no sistema respiratório humano. O NO ₂ é tóxico.
Óxido de enxofre (SO _x (SO ₂ , SO ₃))	Produto de combustão incompleta de todos os combustíveis de biomassa que contenham enxofre.	Clima e meio ambiente: Gases de efeito estufa indiretos através da formação de aerossóis. Precipitação ácida. Dano à vegetação. Formação de <i>Smog</i> . Corrosão e danos materiais. Saúde: Efeito negativo sobre o sistema respiratório humano, efeito asmático

A tecnologia normalmente utilizada para conduzir o processo de combustão envolve as grelhas (móveis e fixas) e os leitos fluidizados nos equipamentos industriais. Com a utilização das biomassas, pretende-se que haja uma melhor eficiência em todo o processo.

A combustão dos sólidos em fornalha de grelha também é conhecida como leito fixo ou ainda combustão em camadas (figura 03). Neste processo ocorre a deposição do material combustível e, segundo afirma MME (2007), é o método mais antigo para a combustão de sólidos, pois trata-se da incineração de volumes de combustível de fora para dentro da massa estacionada. A camada de combustível é depositada numa grelha onde a combustão se processa, geralmente, em instalações de tamanho simplificado; as principais características de configuração da câmara de combustão destas instalações são a forma de alimentação - normalmente por gravidade - e a distribuição do ar primário e secundário, normalmente colocados em uma zona de combustão separada do leito de combustível (Van Loo e Koppejan, 2008).

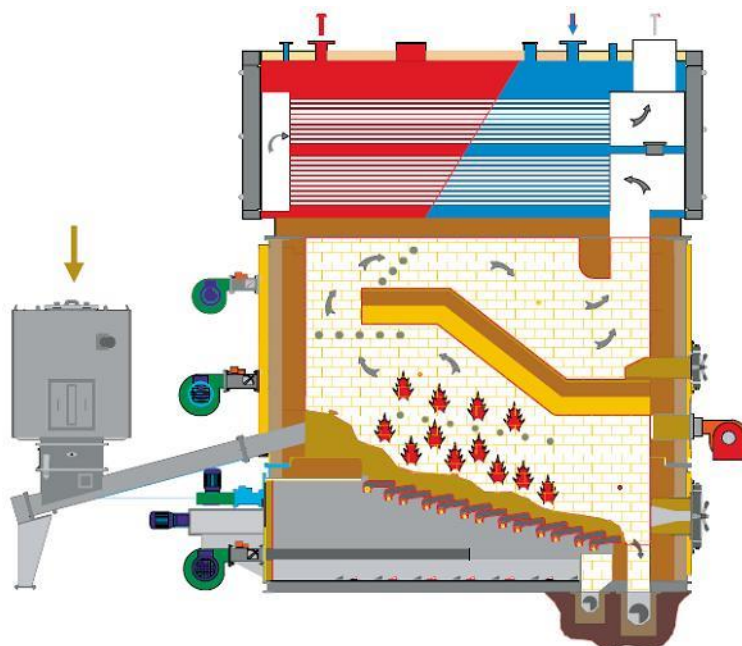


Figura 3 - Leito fluidizado com grelha inclinada - Fonte: Gandras, 2017

Outras características de operação do equipamento que podem influenciar na taxa de aquecimento das partículas e no mecanismo do processo de combustão, variam conforme o tipo de grelha e o posicionamento da alimentação. Normalmente são: umidade do combustível; dimensão média da partícula; distribuição granulométrica; teor de voláteis; teor de cinzas e temperatura da câmara de combustão (Neto et al, 2002).

Quanto às características da sua construção, as grelhas podem ser estacionárias, móveis mecânicas, rotativas, horizontais ou inclinadas. A prática mais difundida é a utilização de fornalhas com grelha em que a alimentação de uma parte do ar primário é feita sob o leito, o que possibilita otimizar o processo de combustão através do controle do excesso de ar, elevar a taxa de combustão e minimizar o arraste de partículas finas (MME, 2007). No sistema de leito fluidizado, a combustão também se dá em suspensão. Dependendo da velocidade de fluidização, ou seja, de injeção do ar, o leito fluidizado pode ser classificado como borbulhante ou circulante (Van Loo e Koppejan, 2008; Ludgero et al. 2017).

A formação do leito dá-se sobre uma grelha distribuidora do fluxo de ar, a qual acomoda material inerte, como areia, cinzas ou alumina (Figura 04). O fluxo de ar passa através desse material e mantém as partículas em suspensão, garantida por uma velocidade mínima da corrente de ar, que mistura as partículas sólidas e o ar carregando essa mistura para faixas mais altas até à combustão completa (Neto et al, 2002).

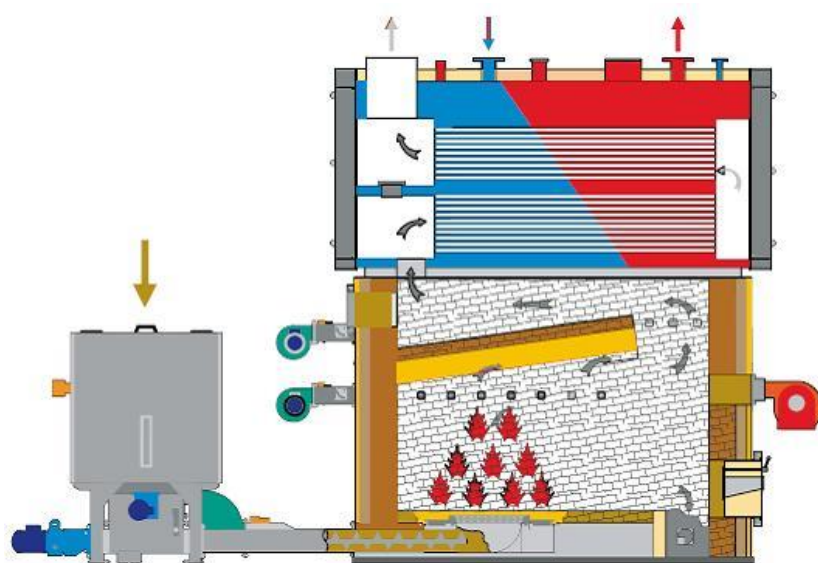


Figura 4 - Leito fluidizado horizontal - Fonte: Grandas, 2017

Características específicas da fornalha podem ser adequadas para o controle da temperatura dentro do leito, com a instalação de um feixe de tubos, evitando assim a fusão das cinzas do combustível. Separadores ciclônicos podem ser usados na saída do leito a fim de reintegrar o material inerte e conduzir o combustível a uma combustão completa (MME, 2007).

3.5.3.2 Processos e tecnologia de Gasificação

O processo de gasificação consiste em uma tecnologia termoquímica que provoca uma mudança na estrutura da biomassa ou combustíveis sólidos, a altas temperaturas, na presença de um agente de gasificação, em decorrência de reações que resultam em um maior volume de produtos gasosos, e pequenas

quantidades de carvão, alcatrão e de cinzas, sendo classificada de acordo com o agente de gasificação: ar, vapor, vapor de água e oxigênio, ar vapor, ar enriquecido com oxigênio, entre outros (Ardila, 2015).

3.5.3.3 Processos e Tecnologia de Pirólise

O processo de pirólise consiste na conversão da biomassa aquecida a temperaturas em torno de 500°C na ausência total ou parcial de ar, que pode dar origem a frações líquidas, sólidas e gasosas com potencial energético (Bridgwater, 2003). Como resultado deste processo, resultam subprodutos, cujo mais conhecido é o carvão vegetal, proveniente da carbonização da madeira, largamente utilizado como combustível sólido na indústria e em alguns processos de cozimento ou aquecimento em escala doméstica. Os demais subprodutos da pirólise, como o bio-óleo e os gases de baixo peso molecular, também possuem poder calorífico sucedendo em uma valorização energética através da conversão em calor ou eletricidade normalmente obtidos através de turbinas ou motores de combustão interna em centrais de geração.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O solo tem uma importante interferência na composição da biomassa, tanto no seu suporte quanto na constituição das suas qualificações, já que a sua composição física e química pode influenciar diretamente a qualidade da cultura plantada. Os minerais absorvidos e encontrados em vários órgãos e tecidos dos vegetais alteram o processamento industrial da biomassa, desencadeando uma série de eventos no seu uso posterior, como entupimentos, corrosões e incrustações.

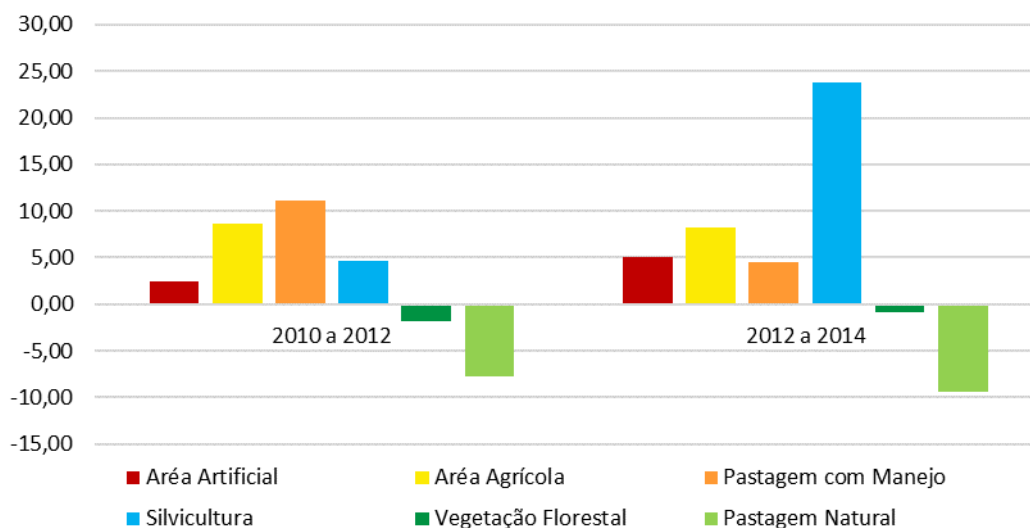
A conservação da cobertura orgânica mantida sobre o solo é tema de divergência entre alguns autores, de acordo com Lucon e Chaves (2004, cit. por Ipea, 2012). A disposição de matéria orgânica no solo introduz nutrientes e aumenta a diversidade de microrganismos, proporcionando a ciclagem de nutrientes e a redução de custos de manutenção do solo. O uso de fertilizantes químicos em solos deficitários, apesar de poder gerar benefícios na produção, também pode alterar o ambiente, com a contaminação de rios, lagos e das águas subterrâneas.

Entretanto, a cobertura vegetal sobre o solo, seja ela residual ou não, que em determinadas culturas serve como fonte de retenção da umidade, não pode ultrapassar a capacidade natural de absorção deste solo, pois provocaria dificuldades no armazenamento dos nutrientes essenciais ou ainda viraria fonte de ignição para incêndios em épocas de pouca precipitação.

Há ainda o fator cultural de alguns métodos mais antigos de manutenção do solo através de queimadas “regulares”. Esse ato ainda é matéria controversa devido aos muitos efeitos gerados sobre o solo e o meio ambiente, muitos destes negativos e questionáveis. O método de “limpeza” praticado através das queimadas é altamente condenável e irregular, sendo proibido em muitos países, por inúmeros eventos que fugiram ao controle dos seus autores causando grande destruição de áreas verdes e da biodiversidade e atingindo, muitas vezes, zonas residenciais, destruindo bens materiais e vidas.

O uso do solo para atividades econômicas pode ser dirigido para o agronegócio, para o fornecimento de alimentos, bens e serviços, ou ser voltado para o plantio energético em uma base florestal mais desenvolvida. Durante muito tempo o uso de valor agregado em uma base ativa foi deixado de lado pela sua valorização baixa e subdesenvolvida, colocando em primeiro lugar os combustíveis de origem fóssil, pela maior disponibilidade e pelos custos. Na atualidade a busca por fontes menos poluidoras e adequação aos enquadramentos ambientais pode privilegiar o uso do solo no desenvolvimento da exploração destas fontes naturais, melhorando a representatividade das energias renováveis no consumo final de energia.

Segundo aponta um estudo do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) de 2016, baseado no levantamento bianual realizado entre 2010 e 2014, o território brasileiro sofreu algum tipo de alteração sobre a cobertura do solo com taxas de 3,5% e 4,6% respectivamente. Pela leitura do gráfico 06, abaixo apresentado, é possível verificar que a agricultura se manteve praticamente estável, com taxas de 8,6% e 8,2%, respectivamente. Podemos ver um grande destaque para a silvicultura, com uma forte variação de 4,6% para 23,8% (com a ressalva que 50% deste acréscimo se deve a melhorias técnicas no levantamento das informações).



Principais Classes de Cobertura e Uso Selecionadas (%)

Gráfico 6 - Mudanças na cobertura e uso da terra no Brasil - Fonte: IBGE, 2016

Considerando as alterações no uso do solo, o Brasil ainda possui uma enorme disponibilidade para a atividade em florestas energéticas, pois como se observa no gráfico 07, na atualidade explora menos de um por cento com essa atividade, sem considerar que parte da produção florestal pode estar disponível para atividades de construção civil, celulose, móveis entre outros.

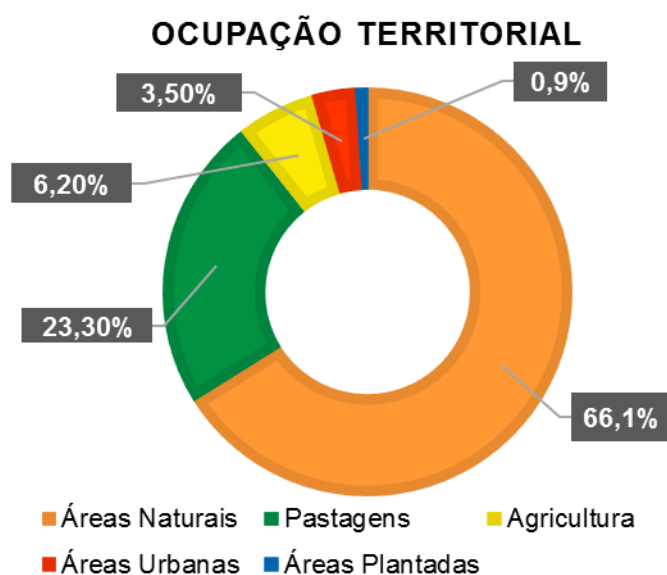


Gráfico 7 - Representação do uso da terra no Brasil - Fonte: IBÁ, 2015.

Mesmo com destaque para a silvicultura, associada ao crescimento da indústria de celulose observado na última década, e à redução das áreas de pastagem ocupada por outras atividades, é importante salientar que cada estado brasileiro possui características próprias do seu respectivo bioma, que podem ser mais indicadas para o desenvolvimento do agronegócio ou da silvicultura. É importante chamar a atenção para a elevada quantidade de áreas degradadas (Figura 05) onde, mesmo não havendo um diagnóstico sobre o tipo de degradação, é possível perceber que a silvicultura, pelo fato de se adaptar a muitos solos, poderia contribuir para a recuperação destas áreas, com grandes benefícios ambientais e econômicos.

Milhões de hectares (2015/2016)	
Brasil	851
<i>terras aráveis</i>	354,8
1. Área total cultivada	84,2
Soja	33,2
Milho	15,2
Outros grãos	10,1
Citrus	9,3
Cana de Açúcar	8,6
Produção Florestal	7,8
2. Pastagem (produtiva e degradadas)	168,0
3. Áreas degradadas	140,0

Figura 5 - Ocupação do solo - Fonte: Escobar, 2016

No Estado do Rio Grande do Sul, assim como em alguns outros estados do Brasil, é possível observar um incremento na agricultura, que vem ocupando antigas pastagens naturais com diversas culturas, principalmente soja e milho e, mais recentemente, silvicultura, provocando uma alternância na utilização do uso da terra, que podemos ver na figura 06, representado pelos polígonos pretos (IBGE, 2016).

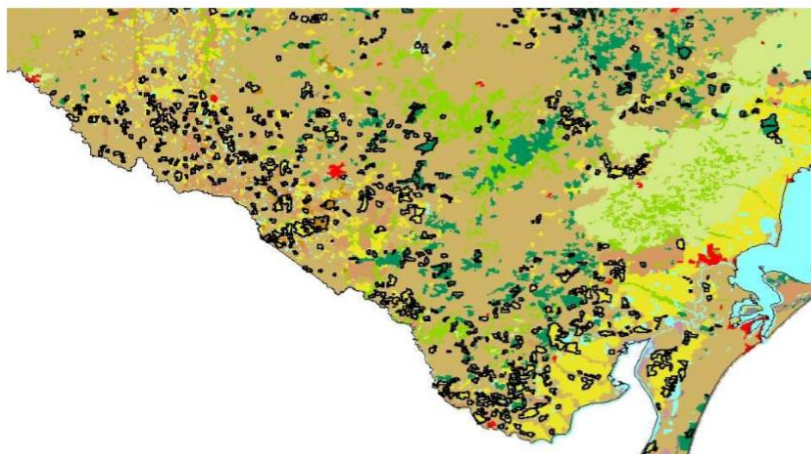


Figura 6 - Mudança na cobertura e uso da terra, parte meridional do RS - Fonte: IBGE,2016

Compreendido em uma área de 282 mil km² (IBGE, 2017), o Rio Grande do Sul é o único estado da federação que possui o bioma Pampa, que se caracteriza pelo clima subtropical com as quatro estações bem definidas. É composto por uma variedade de gramíneas, plantas rasteiras, arbustos e árvores de pequeno porte e tem um relevo diversificado, assim como uma fauna muito variada. Mesmo sendo restrito ao Rio grande do Sul, o bioma Pampa também sofre, com a ação humana, o avanço da monocultura e a redução da vegetação. O bioma Mata Atlântica, com mais diversidade, ocupa praticamente toda a faixa litorânea do Brasil. Setenta por cento do PIB nacional vem deste bioma, que engloba 35% das espécies vegetais do Brasil, mas que está reduzido a 22% da sua cobertura original (MMA, 2017).

Na distribuição das principais atividades econômicas com uso da terra (Figura 07), o estado do Rio Grande do Sul possui uma pecuária e agricultura ativas, onde se destacam o plantio do milho, da soja e do arroz, sendo o maior produtor nacional deste último grão há já vários anos. Essas atividades contribuem para o PIB e o desenvolvimento econômico, mas as externalidades negativas das etapas de produção podem ocasionar algum passivo ao ambiente do bioma. No entanto, esta situação pode ser revertida, seja através do aproveitamento dos dejetos da criação de animais, usados para geração de biometano ou do aproveitamento dos resíduos de agricultura, seja para

combustão na secagem de grãos, ou para alguma atividade de preservação do solo.

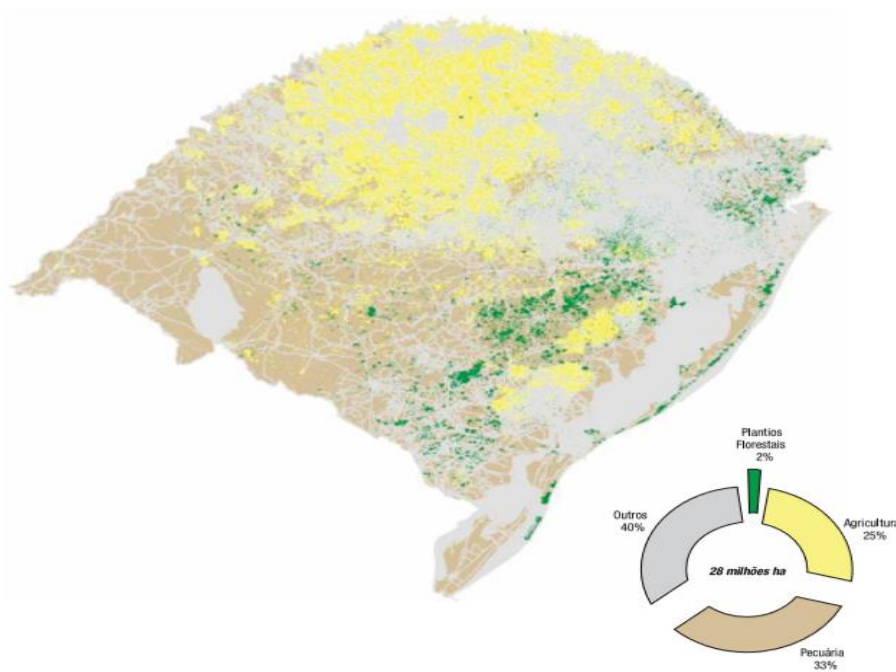


Figura 7- Ocupação da terra no RS por algumas atividades - Fonte: Ageflor 2015.

O Brasil, com sua imensa área territorial, tem destaque mundial por suas quantidades de áreas verdes com vegetação nativa de florestas intactas e áreas com grandes possibilidades de manejo, seja para agronegócio ou florestas plantadas. O setor florestal é um dos que vem crescendo anualmente e já possui uma área estimada de 7,8 milhões de hectares (IBÁ, 2016), com árvores plantadas para diversos fins. No entanto, a fonte da biomassa não está vinculada unicamente ao setor florestal ou ao agronegócio: há que contar também com a biomassa residual que pode ser oriunda de diversas fontes (Figura 08). Devido à inexistência de políticas públicas específicas para o setor de biocombustíveis, muitas destas fontes energéticas não são ainda devidamente valorizadas e outras, com potencial poluidor, estão depositadas irregularmente no solo, contaminando-o, assim como às águas subterrâneas.



Figura 8 - Biomassas por região do Brasil – Fonte: Biomassa BR, 2015

De uma forma geral, as florestas plantadas estão distribuídas por todo o território nacional, onde cada tipo de bioma ou características específicas do solo de uma determinada região fazem com que o uso da terra seja adequado para manejo de florestas plantadas. Contudo, os recursos hídricos devem ser mensurados e avaliados (figura 09), e alvo de preservação para que não haja situações extremas de escassez.

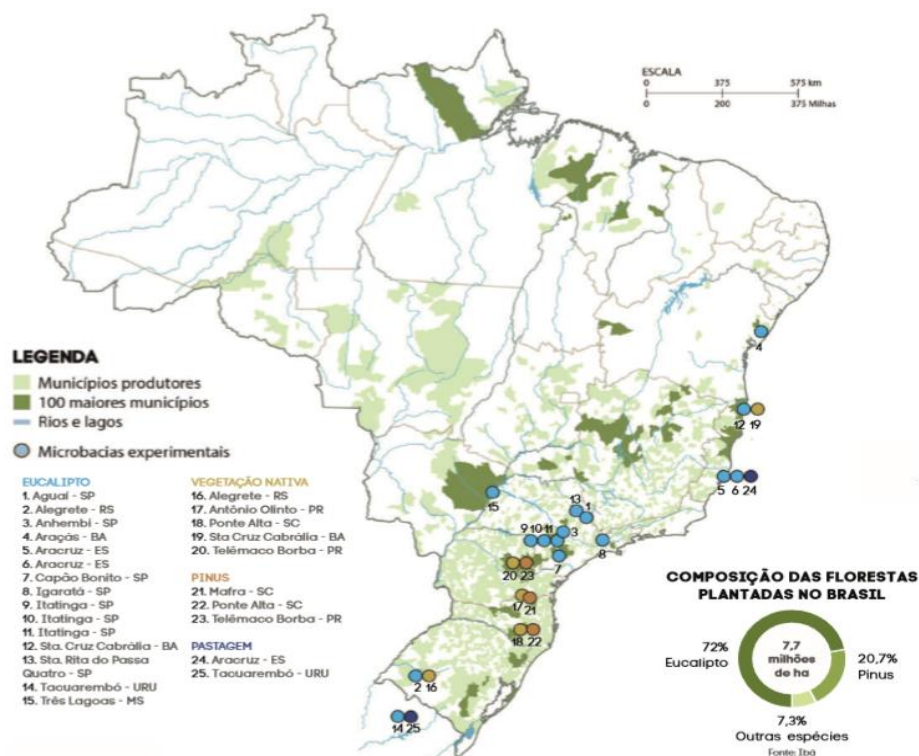


Figura 9 - Florestas plantadas e recursos hídricos - Fonte: IBÁ, 2017

A parte econômica das florestas plantadas tem vindo a ser desenvolvida há mais de 100 anos no Rio Grande do Sul, onde sempre foi majoritariamente voltada para a indústria de móveis, celulose e construção civil. Somente nas últimas décadas, com a chegada de novas indústria de pasta de papel, a atividade florestal começou a ser voltada para a geração de energia ou calor, mais especificamente visando o seu potencial energético, em função dos grandes volumes florestais disponíveis e de melhoras nas condições para exportação dos produtos madeireiros. Atualmente, o Estado tem 10% (781 mil ha), das florestas plantadas no Brasil e essa atividade corresponde a 4% do PIB estadual (Ageflor, 2017). O gráfico 08 mostra a divisão entre as espécies mais representativas do setor.

PLANTIO FLORESTAL

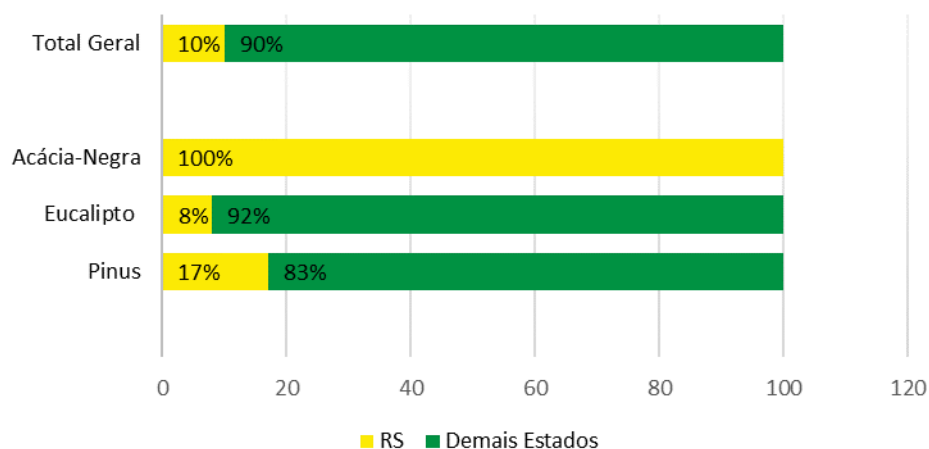


Gráfico 8 - Representatividade do RS quanto aos plantios florestais - Fonte: Ageflor, 2017

Historicamente, o Estado do Rio Grande do Sul possui forte relação com o plantio de acácia - o seu uso preponderante é voltado para fabricação do carvão vegetal – e, mesmo com a redução gradativa da área plantada para espécie (Gráfico 09), ainda possui a totalidade contábil da produção nacional.

Área Plantada (1.000 ha)

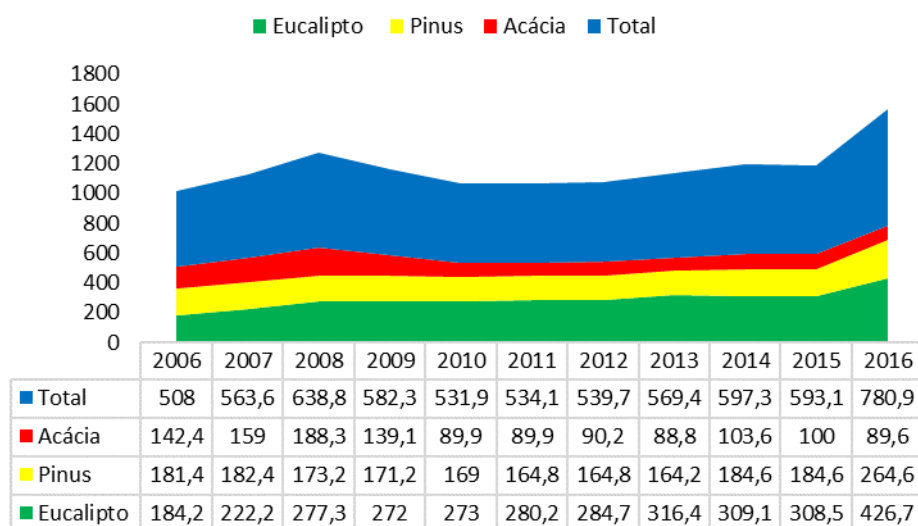


Gráfico 9 - Evolução da área plantada por gênero RS – Fonte: Ageflor, 2017

Com o crescimento da demanda por matéria prima florestal, o aumento de área plantada vem evoluindo gradativamente, com o eucalipto despontando nessa evolução com 427 mil ha seguido pelo pinus e pela acácia com 264 e 89 mil ha respectivamente. Este crescimento vem trazendo ao estado considerável potencial como formador de florestas plantadas, que são beneficiadas para uso em celulose, papel, painéis de madeira, cavacos (ships), tanino e em desenvolvimento de pellets. As diferenças encontradas em áreas plantadas pela última contagem (2016), estão, como referido anteriormente e segundo AGEFLOR (2017), relacionadas com a melhoria na captação de dados e nas mudanças na metodologia na busca de informações.

Historicamente, o eucalipto deu entrada no Rio Grande do Sul após a Revolução Farroupilha (1835-1845). Com esta entrada se desenvolve o incentivo das florestas plantadas voltadas para a geração econômica. Na atualidade, quase todos os municípios do Estado têm algum tipo de floresta plantada, sendo que o maior volume - entre 10 700 e 60 000ha fica confinado a 20 destes, com maior cobertura em plantio. A figura 10, que a seguir se apresenta, representa a distribuição por município.

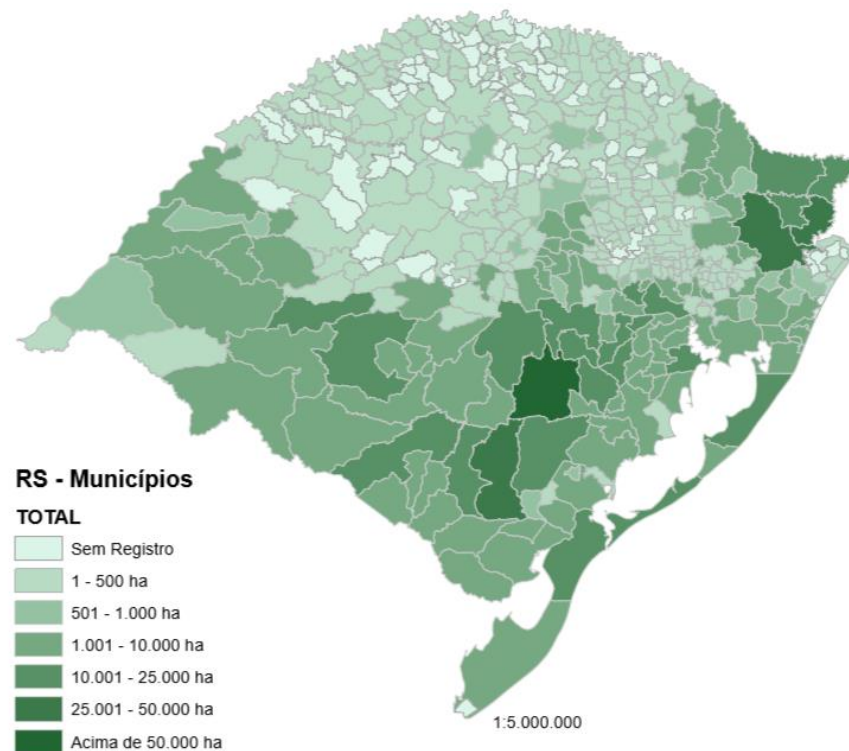


Figura 10 - Distribuição espacial das florestas plantadas por município - Fonte: Ageflor, 2017

Com o desenvolvimento das florestas plantadas surgiram as atividades econômicas complementares que fazem uso da matéria prima. Hoje são duas mil e trezentas as empresas no Rio Grande do Sul que compõem a cadeia de produção florestal (Figura 11), destacando-se o setor de móveis de madeira, com 95% do total de empresas. A região no entorno da capital, Porto Alegre, concentra empresas de painéis de madeira e celulose (Ageflor, 2017).

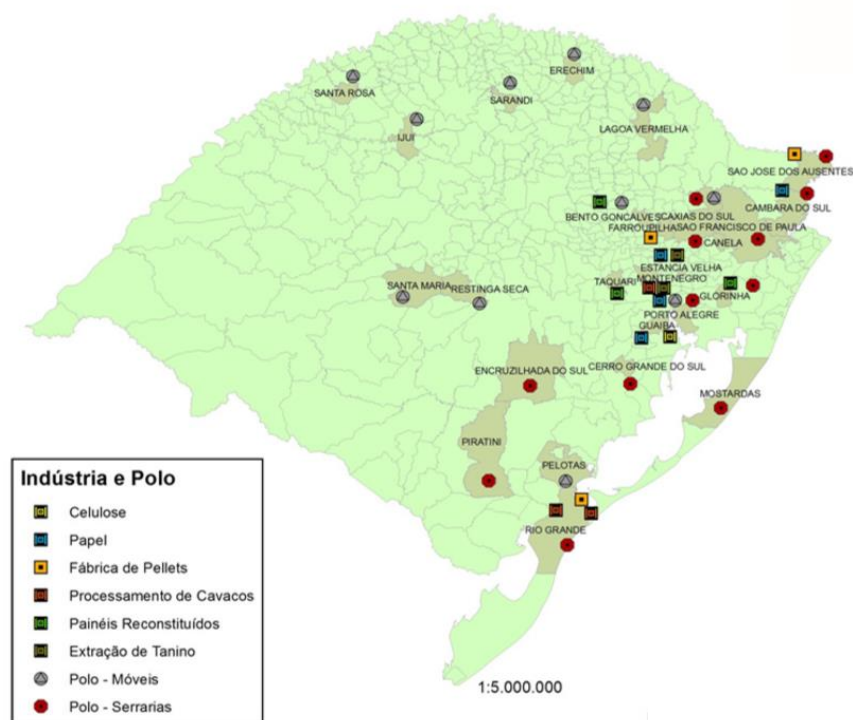


Figura 11 - Distribuição das indústrias de base florestal - Fonte: Ageflor, 2017

É notório que o Brasil está se tornando um dos maiores produtores de madeira proveniente de florestas plantadas, ocupando na atualidade 1% do seu território, como reporta o IBGE (2017), com destaque para a produção de Eucalipto devido às suas características e ao seu volume de aproveitamento produtivo.

Graças ao desenvolvimento do setor florestal, às condições de solo e clima e ao melhoramento genético, as taxas de retorno do investimento no setor variam entre 8% e 12% ao ano (IBÁ, 2016) e é possível plantar em quase todas as áreas do país, mesmo com diversidades climáticas variadas. Os volumes produtivos por hectare podem ser entre 30% e 50% superiores (Gráfico 10), reduzindo o ciclo da colheita e tendo ganhos superiores, quando comparados com outros países, até mesmo Portugal (ABRAF, 2013 e Escobar, 2016).

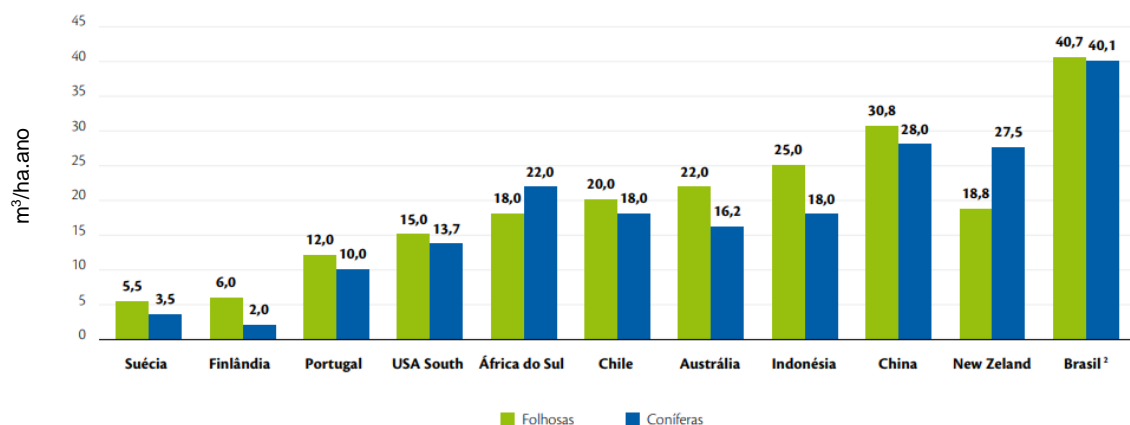


Gráfico 10 - Produtividade das florestas plantadas brasileiras comparada com outros países Fonte: ABRAF, 2013 e Escobar, 2016

A problemática da biomassa produzida em zonas tropicais (Figura 12), está na precipitação de água proveniente de oceanos com altas taxas de evaporação, contendo concentrações elevadas de molares de íons inorgânicos dissolvidos na chuva em até 85%, composta por Cloro em altas taxas, Cloreto de Sódio, além de outros compostos inorgânicos que se depositam no solo, e que são absorvidas pelas biomassas no seu processo de crescimento (Escobar, 2016). Na UE (União Europeia), a chuva e a neve formam-se a partir da evaporação proveniente do Ártico. O clima frio, com a baixa evaporação de compostos de Cloro e sublimação do gelo acaba por rejeitar o sal na sua solidificação (Stumm & Morgan, 1970; Holleman-Wiberg's, 1995 cit. por Escobar, 2016).

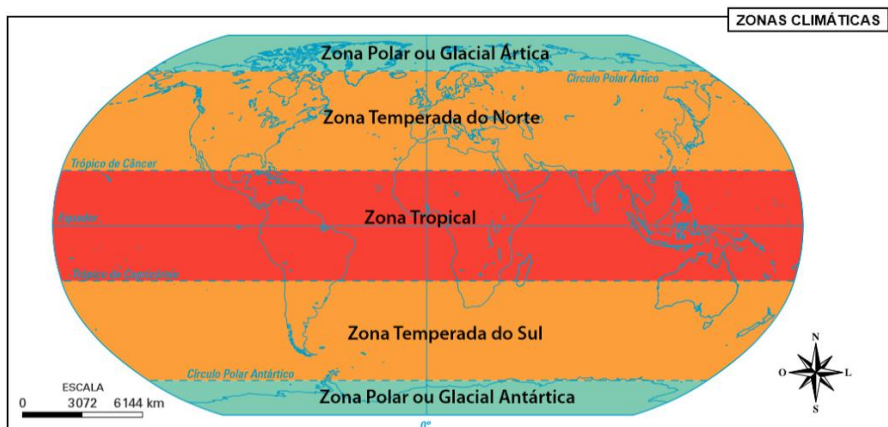


Figura 12- Zonas climáticas - Fonte: Escobar, 2016

Essa mutação se torna mais evidente no gênero *Eucalyptus* ssp, aumentando em até cinco vezes a taxa de cloro permitida para o elemento. Em países da UE com normas mais restritivas, não é permitida a combustão de subprodutos fora das taxas seguras, pois gera emissões que ao precipitarem podem causar problemas de saúde e ambientais, assim como demais perdas econômicas. No Brasil, mesmo que se tenham normas mais alargadas para combustão da biomassa existe uma grande falta de tecnologia adequada para certos tipos de biomassa, o que acarreta elevados custos de importação associados aos equipamentos de combustão. O uso doméstico restrito, devido, entre outros fatores, ao desconhecimento das vantagens da biomassa, acaba por deixar seu uso segmentado ou em segundo plano comparado a outras alternativas para uso residencial.

Além da produção florestal diversificada, o Brasil é também um grande produtor de arroz (Figura 13), sendo o Rio Grande do Sul o maior produtor do Brasil. Entre os métodos de plantio utilizados no Brasil estão especificamente os de sistema irrigado e o de sequeiro, contando este último método apenas com a precipitação para seu crescimento. O sistema irrigado é praticado dentro de lagoas, com o terreno nivelado e inundado, sendo este sistema o predominante no Rio Grande do Sul (Vieira, 2014).

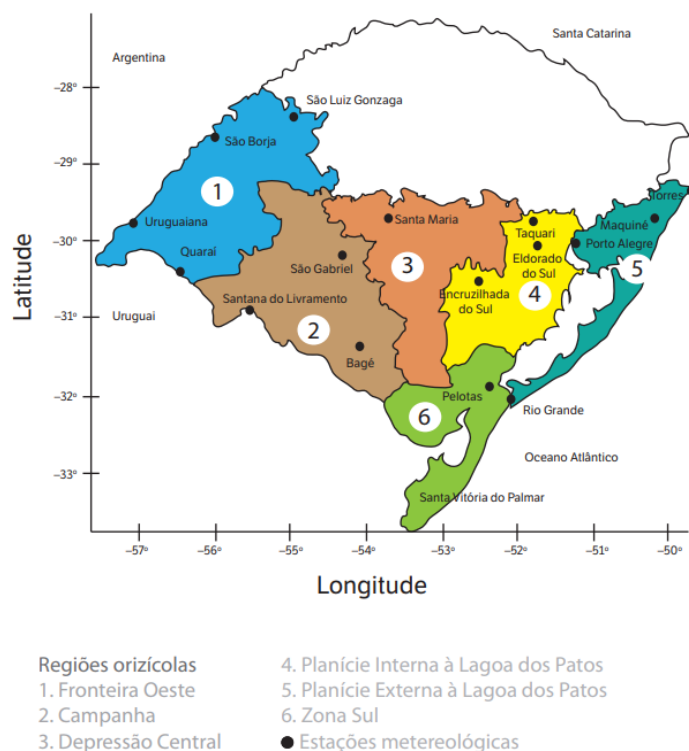


Figura 13 - Regiões gaúchas¹ produtoras de arroz - Fonte: IRGA, 2017

O arroz está entre os cereais que mais cresceram em produtividade, mesmo com uma área plantada praticamente estável no Rio Grande do Sul nos últimos 15 anos (ao redor de 1,1 milhões de ha). Isto deve-se, em grande parte, ao domínio dos métodos de cultivo, e à evolução tecnológica e genética. Associado à grande escala de produção de arroz (Gráfico 11), aumentou a oferta dos resíduos agrícolas provenientes desta cultura, sendo o principal deles a casca; mas uma lavoura que tenha produtividade de 10t/ha de grãos produz pelo menos outro montante semelhante de material orgânico (palhada e raízes), totalizando mais de 20t/ha de material vegetal (CONAB, 2015). Este material fica depositado no solo em grande parte do processo de colheita, sendo consumido pela atividade biológica, animais superiores e pela microbiota, que tem atividade intensa devido ao fato de o solo permanecer úmido.

¹Gaúcho/a - Relativo ao estado brasileiro do Rio Grande do Sul, ou o seu natural ou habitante. (Priberam, 2018)

**Produção de Arroz, Principais Estados
Produtores Milhões (t)**

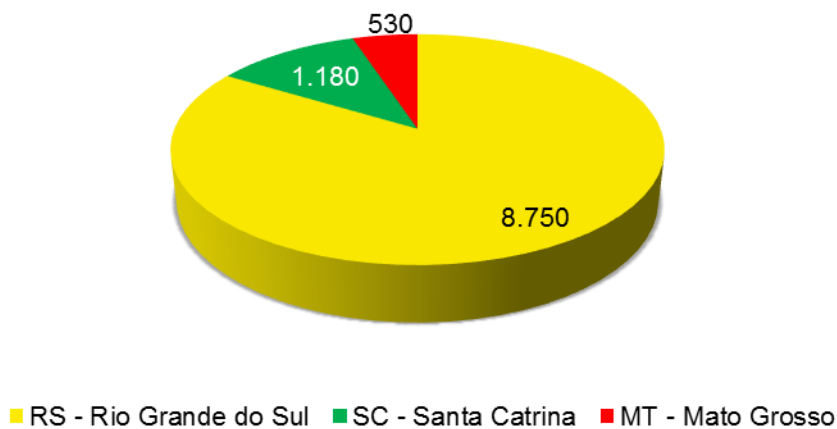


Gráfico 11 - Produção de arroz - Fonte: Adaptado de IRGA, 2017.

A casca é um dos subprodutos do arroz, sendo um material lignocelulósico com característica abrasiva e de baixa densidade, correspondendo a 22% da massa total do grão. Em grandes produções, acarreta um elevado volume de material composto basicamente por sílica e lignina, gerando uma grande resistência ao processo de decomposição quando deixado no solo, podendo demorar até cinco anos para a sua dissolução (Vieira, 2014). Uma vez que a casca de arroz é queimada e gera energia, as suas cinzas podem ser usadas na construção civil ou na indústria de cerâmica.

A cana de açúcar é outro tipo de biomassa com grande disponibilidade a nível do Brasil, mas é pouco expressiva em área plantada no Rio Grande do Sul. Sendo uma gramínea com uma haste fibrosa e espessa, podendo crescer até 6 metros de altura, a planta é formada por quatro partes principais: raízes, talho (fruto agrícola), folhas e flores (Cardoso, 2012). Introduzida no Brasil pelos Portugueses no século XVI, ganhou terreno no Brasil a partir da região Norte do país, onde o cultivo e a produção de açúcar acabou por ganhar destaque internamente com o desenvolvimento do programa governamental Proálcool (1975), financiado pelo governo em resposta à crise do petróleo. Atualmente o Brasil colhe em média 600 mil milhões de toneladas de cana de açúcar (Gráfico 12), em uma área de pouco mais de 10 mil milhões de hectares, sendo que o

estado de São Paulo detém 50% da produção nacional. O Rio Grande do Sul vem reduzindo a sua área plantada gradativamente, com 35 mil hectares em 2010 e atualmente com menos de 17 mil ha (UNICA, 2017).

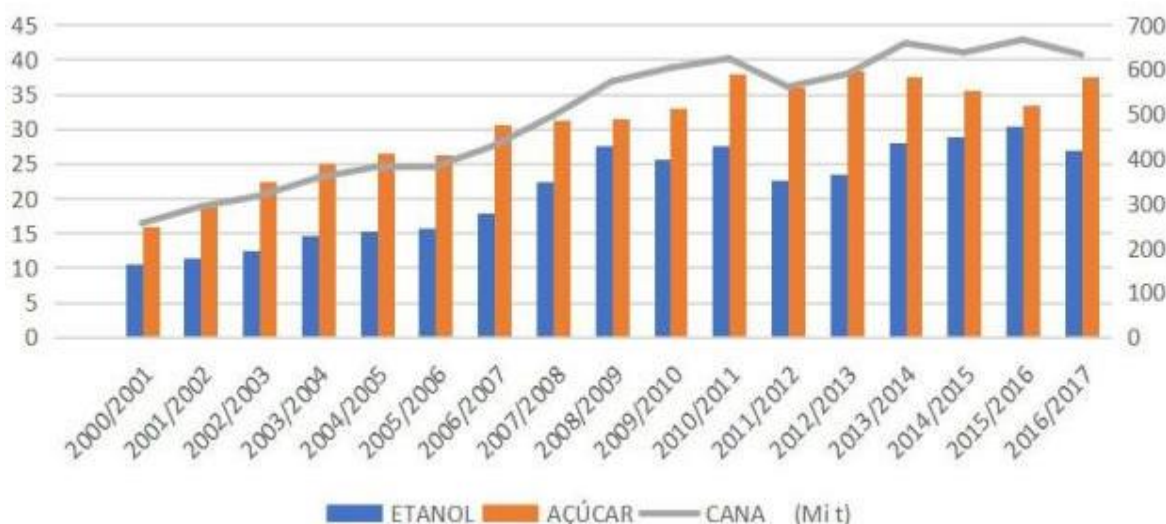


Gráfico 12 - Produção de cana, açúcar e etanol – Brasil - Fonte: Lourenço, 2017

O Retorno energético associado ao bagaço da produção da cana de açúcar é, em sua maior parte, utilizado pelas próprias usinas fabricantes de etanol, em forma de calor ou eletricidade, sendo o excedente da eletricidade disponibilizado ao Sistema Interligado Nacional (SIN) de distribuição de energia elétrica. Os subprodutos da cana de açúcar são, para cada tonelada colhida, 280 kg de massa seca entre bagaço e palha e, em média, 150 kg de açúcares (Oliveira, 2015 e Viana, 2011).

Como se observa, há grande disponibilidade de recursos da biomassa no Brasil e no Estado do Rio Grande do Sul. Também o seu uso é bastante diversificado, abrangendo inúmeras atividades econômicas nos mais variados ramos da indústria e comércio. O estado tradicionalmente se destacava por sua indústria moveleira e seus artefatos e ainda pelo carvão vegetal de madeira, porém, os resíduos e até mesmo a produção florestal não eram pensados para outras atividades.

Com o desenvolvimento econômico da região, surgiram indústrias de papel, tanino e outras variações de uso florestal como os painéis de madeira

reconstituída, usados tanto em móveis como na construção civil. Com isso, foram surgindo novas necessidades energéticas - até mesmo como forma de redução de custos com o uso da eletricidade - e os resíduos industriais passaram a ser melhor aproveitados em caldeiras, sob a forma de cavacos, briquetes e mais recentemente, pellets.

4.1 Processo da Biomassa

O Rio Grande do Sul, com o desenvolvimento do seu potencial florestal e sua disponibilidade de terras ociosas que possibilitam um alto volume para produção de madeira, abre caminho para a cadeia produtiva florestal em escala, a nível primário, secundário e terciário, onde haverá um volume residual considerável após cada uma destas etapas. O setor primário é composto basicamente pela extração da madeira, seja nativa ou de reflorestamento, transformando em toras esse material que vai para a indústria de celulose ou carvão vegetal; o setor secundário ou de base florestal transforma a madeira em placas ou barras serradas, painéis e laminados para utilização na última etapa, que pode ser mobiliário, construção civil, ou o fabrico de pellets, briquetes, entre outros.

A produção de carvão vegetal vem se mantendo estável no Rio Grande do Sul nos últimos anos, mesmo sendo o estado detentor da totalidade da plantação nacional de acácia tradicionalmente utilizada internamente. O volume anual produzido se mantém em 144 mil toneladas, o que corresponde a 3% do volume nacional, como aponta o gráfico 13, abaixo.

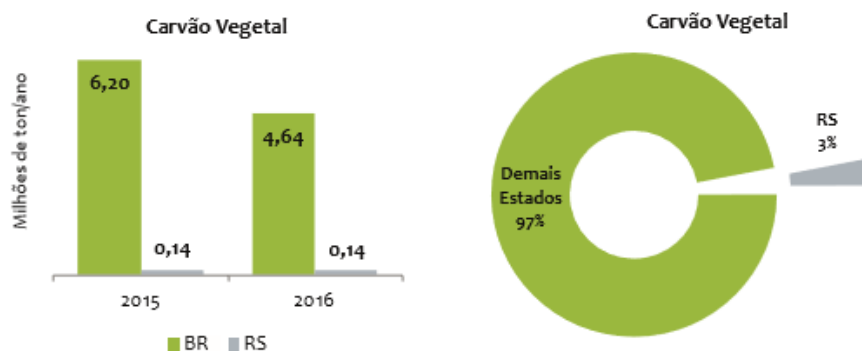


Gráfico 13 - Produção industrial de carvão vegetal - Fonte: AGEFLOR, 2017

A produção estadual de cavacos (Gráfico 14), ganha destaque no setor nacional, onde o volume produzido vem crescendo de forma acelerada, representando 74% da produção brasileira num total de 1,7 milhões de toneladas.

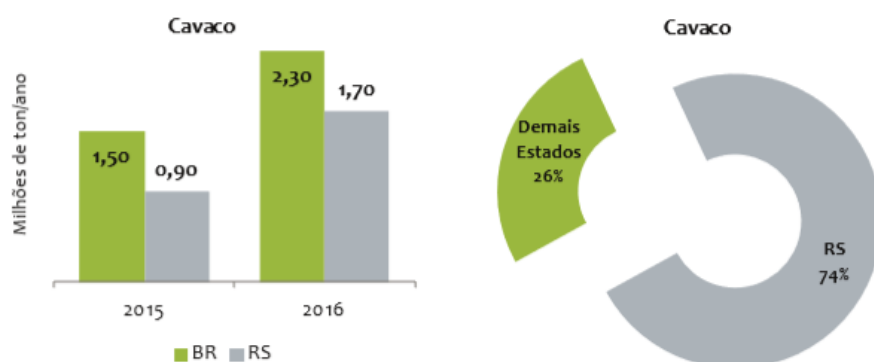


Gráfico 14 - Produção industrial de cavacos - Fonte: AGEFLOR, 2017

Na indústria de painéis reconstituídos, o Rio Grande do Sul teve um pequeno recuo de 7,8% em 2016, comparado a 2015, mas mesmo assim ainda mantém seu destaque nacional com 19% da produção nacional de 7,29 milhões de metros cúbicos produzidos (Gráfico 15). Além disso, novos empreendimentos que estão em fase de projeto podem alavancar a produção atual no Rio Grande do Sul (AGEFLOR, 2017).

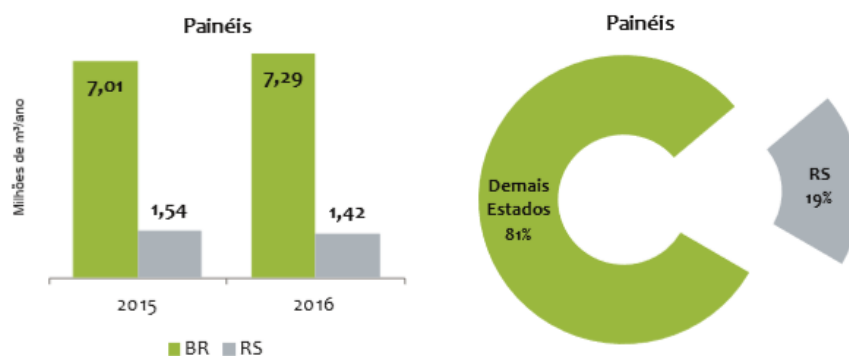


Gráfico 15 - Produção industrial de painéis reconstituídos - Fonte: AGEFLOR, 2017

Em 2016, a produção de madeira serrada/tábuas teve um crescimento considerável comparado a 2015, porém o destino foi a exportação, já que o mercado nacional, principalmente da construção civil, estava retraído devido à crise econômica. Mesmo assim o Rio Grande do Sul produziu 1,6 milhões de metros cúbicos, como pode ser visto no gráfico 16.

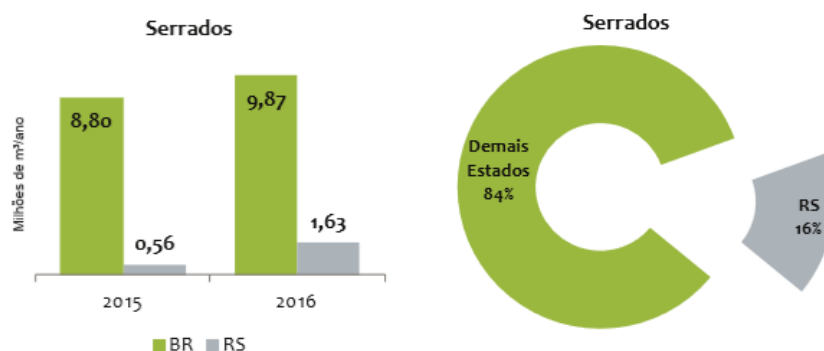


Gráfico 16 - Produção industrial de madeira serrada - Fonte: AGEFLOR, 2017

Os pellets são um grande salto tecnológico no desenvolvimento e no uso sustentável da madeira e dos resíduos agrossilvipastoris, mesmo sem uma normatização brasileira específica e com os elevados custos de produção derivados da falta de equipamentos específicos, dificuldades com logística, sem contar o quase desconhecimento nacional pelo consumidor industrial e mais ainda no setor doméstico. A produção é tímida (gráfico 17), porém a capacidade instalada é muito superior, e com o destino da produção para exportações, novas fábricas irão entrar em operação, duas delas no Estado do Rio Grande do Sul.

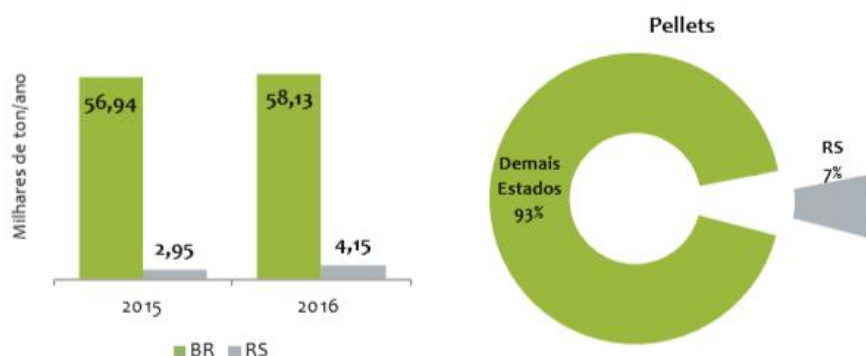


Gráfico 17 - Produção industrial de pellets - Fonte: AGEFLOR, 2017

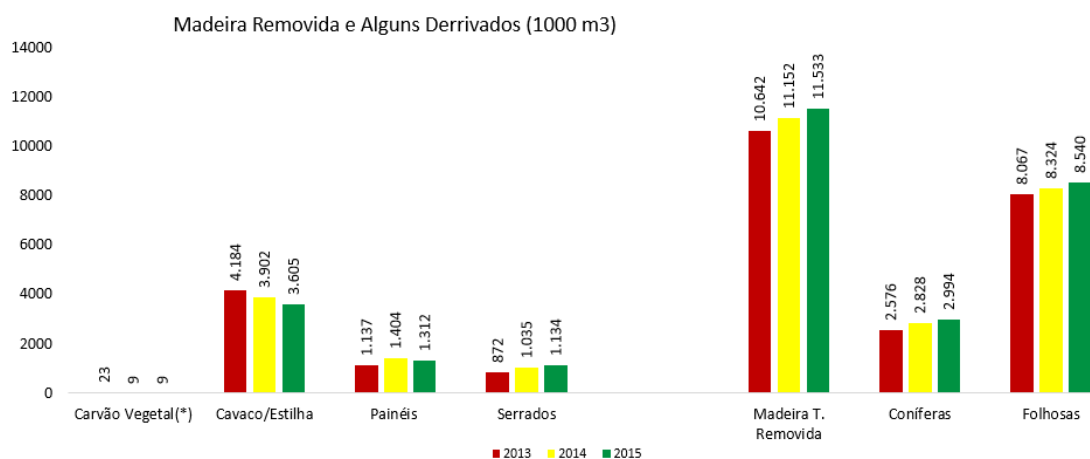
A produção nacional de pellets foi iniciada em 2004, de forma ainda tímida, e os principais clientes eram aviários ou utilizadores que os usavam como substituto de areia de animais domésticos, como os gatos. Atualmente o Brasil possui um total de 13 fábricas de pellets em operação, de um total de 23 organizações do setor, com uma capacidade produtiva instalada que difere, consoante os autores. A AGEFLOR (Associação Gaúcha de Empresas Florestais), afirma, em 2016, ser de 436 mil t/ano, sendo que Escobar, também em 2016, afirma ser de 200.750 mil t/ano, mas com apenas 37% dessa capacidade sendo utilizada. Desse total de empreendimentos, somente três têm a certificação A1 ENplus. O Estado do Rio Grande do Sul possui cinco empresas do segmento sendo uma certificada e quatro em operação e tem ainda algumas em fase de projeto, que somadas podem garantir ao estado uma produção anual de 2,3 mil milhões de toneladas a partir de 2022, pois sozinha uma das empresas teria a maior produção mundial individual com 1,8 mil milhões t/ano (Jornal do comércio, 2017).

Em Portugal, a primeira fábrica de pellets data do ano de 2006 e tinha por objetivo atender as demandas no mercado interno da UE e Reino Unido. Em 2010 a capacidade produtiva instalada passou de 75 000 mil t/ano para aproximadamente 850 000 mil t/ano, suportada pela instalação de 15 novas fábricas. Já em 2015 os fabricantes passam a ser 26 empresas, com capacidade instalada de 1,4 mil milhões sendo efetivo 1,1 mil milhões t/ano (Associação Nacional de Pellets Energéticas de Biomassa (ANPEB, 2015).

Considerando o número de empreendimentos produtores de pellets, Portugal e Brasil estão num patamar muito próximo (26 e 23, respectivamente). No entanto se considerarmos apenas a capacidade produtiva instalada, Portugal se destaca produzindo até cinco vezes mais com apenas três fabricas a mais, isso sem contar o volume de florestas plantadas ou matéria prima disponível. Em nosso entendimento, além dos fatores produtivos já citados outro item que economicamente atrapalha na produção direcionada às exportações são os custos de certificação e manutenção dos certificados, necessários aos produtores que querem ingressar no mercado internacional. A solução para este problema poderia passar pela adoção do modelo de cooperativismo ou associação entre os produtores, de modo a garantir um modelo de produção certificada, que lhes permita ingressar no mercado internacional. Este modelo de negócio faturou, em 2017, 43 mil milhões de Reais [equivalente a 12,35 mil milhões de dólares] no Rio Grande Sul e entre as atividades cooperadas está o agronegócio (G1-RS, 2018).

Na ocupação florestal do território, Portugal tem um volume total de mais de 3,1 mil milhões de hectares sendo que no Brasil o volume de florestas cultivadas corresponde a 7,8 mil milhões de hectares. Relativamente a espécies plantadas, mais especificamente o eucalipto, Portugal tem plantados 811 mil hectares, mais do que a soma das três espécies florestais avaliadas neste trabalho (acácia, eucalipto e pinus) dentro do Estado do Rio Grande do Sul, sendo que o eucalipto corresponde a 426 mil hectares (AGEFLOR, 2017; Escobar, 2016 e ICNF, 2013).

Os dados da indústria de base florestal em Portugal mostram um melhor aproveitamento da capacidade produtiva (coníferas e folhosas) neste país (Gráfico 18), quando comparado com o Rio Grande do Sul, que possui mais disponibilidade em terras produtivas, mas que faz um sub-uso das suas capacidades. Já na produção dos derivados de serrados e painéis os volumes de produção da indústria portuguesa se aproximam das do estado Gaúcho, que tem nestas atividades melhor aproveitamento.



(*) Toneladas (t)

Gráfico 18 - Produção de madeira e alguns derivados em Portugal - Fonte: Adaptado de INE, 2017

Para o estado português, a indústria florestal representa 3% do PIB, com este valor a chegar a 10% em Valor Acrescentado Bruto (VAB) para o setor industrial em sua composição econômica. O saldo da balança comercial em 2016 registrou para o setor 2,5 mil milhões de Euros, [equivalente a 2,8 mil milhões de dólares] com a criação direta de 85 mil empregos no setor. No Rio Grande do Sul 4% do PIB vem da indústria florestal; em 2016 o estado cresceu 49,2% neste setor econômico em comparação a 2015, gerando 63 mil empregos diretos e com valor em exportações de 996 mil dólares. A indústria de celulose detém a maior parte das exportações, sendo 59% na cadeia produtiva florestal, onde estão envolvidas 2,3 mil empresas e onde o setor moveleiro concentra 95% destas empresas. Podemos observar aqui um mar de oportunidades, visto que estes valores são extraídos de um produto que ocupa apenas 2,7% do território Gaúcho de 28,2 milhões de hectares (AGEFLOR, 2017; Louro, 2015 e INE, 2016).

4.2 Conversão Energética

No contexto do aproveitamento energético, as florestas plantadas, os resíduos agrosilvopastoris e os rejeitos urbanos fazem parte de um cenário renovável em desenvolvimento e promissor, com vários países a fazerem, já há uns anos, uso destes como combustíveis. No cenário brasileiro, e do Rio Grande

do Sul, seu desenvolvimento vem crescendo para um uso mais eficiente, já representando 31% das fontes na geração termoelétrica em 2016, com uso do bagaço da cana, lixívia (licor negro), lenha e outras fontes primárias presentes na conjuntura nacional (BEN, 2017).

As aplicações dentro e fora da indústria são múltiplas, podendo ser a biomassa um gerador de vapor, calor e energia elétrica, dependendo do seu potencial energético para o segmento no qual melhor se adequa, como matéria-prima utilizada e do tipo de tecnologia empregada no processamento para obtenção energética. Posteriormente, as rotas de conversão adotadas para sua utilização vão envolver os já citados processos termoquímicos, bioquímicos e físico-químicos, onde cada biomassa terá melhor viabilidade técnica e financeira (Cardoso, 2012).

A indústria de celulose, além de fazer uso das fibras para fabricação de papel, precisa de abastecimento intensivo de energia elétrica e térmica e seu processo operativo utiliza muito gás, vapor e ar comprimido. Para geração de eletricidade, a alternativa para a redução da dependência do sistema nacional e a redução de custos é a combustão do licor negro, um subproduto das suas atividades e que tem elevado poder calorífico inferior (2860 Kcal/kg). O processamento de uma tonelada de pasta de papel gera entre 9 e 15 mil litros de licor negro, usado nas caldeiras. Em 2014, o Estado do Rio Grande do Sul atingiu um volume de 650 mil toneladas de licor negro, correspondentes a 2,5% da produção brasileira (BEN/RS, 2015). Essa transformação em eletricidade consegue tornar algumas empresas independentes do sistema nacional, passando a ser fornecedoras de bioeletricidade para este, e estima-se que o setor consiga gerar anualmente 12 mil GWh, podendo chegar a 20 mil GWh nos próximos anos (AGEFLOR, 2017 e O Papel, 2017).

Outra atividade industrial que faz uso intensivo de seus subprodutos é o setor sucroalcooleiro, o qual, além da produção de açúcar e etanol, usa o bagaço da cana de açúcar e os resíduos provenientes do processo de colheita na geração de vapor e energia - em sistema de cogeração (Gráfico 19) -, que utiliza na sua própria manutenção e comercializa o excedente. A utilização dos resíduos

e dos subprodutos é, a nosso ver, uma necessidade não só ambiental, mas também económica, pois evita desperdícios e gera bons lucros para o setor, com a venda da eletricidade não consumida.

Bioeletricidade do Bagaço de Cana de Açúcar



Gráfico 19 - Evolução da cogeração com cana de açúcar no Brasil - Fonte: COGEM, 2018

Com o melhoramento tecnológico e o etanol de segunda geração, o setor projeta o incremento na participação da matriz energética. Atualmente contribui com 17,5% da energia, originária de 421 usinas sucroalcooleiras espalhadas pelo país, estando em segundo lugar. O setor, que evoluiu na seleção genética da planta, conseguiu um equilíbrio na produção do açúcar e do etanol, e já projeta em algum momento poder fazer parte do mercado de pellets, melhorando sua disponibilidade energética (ANEEL, 2018 e EPE, 2017).

Na cultura do arroz, do qual o Rio Grande do Sul é o maior produtor nacional, a energia proveniente do seu principal subproduto, a casca, é utilizada na eletricidade usada em bombas na irrigação das lavouras e na secagem dos próprios grãos de arroz. Conforme afirma Cardoso (2012), em torno de 15% das cascas de arroz residuais ao processo industrial, são utilizadas na fase de secagem do próprio produto, e o restante pode ser usado para produção de eletricidade, normalmente em centrais próximas ao cultivo, devido à baixa densidade da casca e aos custos associados ao transporte. Em 2014 a produção

de casca de arroz atingiu o volume de 1,352 milhões de toneladas, disponibilizadas como fonte primária (BEN/RS, 2015).

Atualmente o Rio Grande do Sul possui quatro empreendimentos produzindo eletricidade a partir da casca do arroz e um em fase de conclusão, o qual prevê uma capacidade de geração de 8 MW com uso de 70 mil toneladas de cascas/ano. A tabela 06 mostra as demais usinas em operação no estado, de um total de 12 que usam a casca do arroz como combustível, no Brasil (Biomassa Energia, 2017).

Tabela 6 - Usinas de Biomassa a partir da casca do arroz - Fonte: Cardoso, 2012

Usina	Potência (kW)	Proprietário	Município
Itaqui	4.200	100% para Camil Alimentos S/A	Itaqui – RS
Urbano São Gabriel	2.200	100% para Urbano Agroindustrial Ltda.	São Gabriel – RS
GEEA Alegrete	5.000	100% para Geradora de Energia Elétrica Alegrete Ltda.	Alegrete – RS
São Borja	12.500	100% para São Borja Bioenergética S/A	São Borja – RS

Uma atividade agrária no Rio Grande do Sul que faz intenso uso energético da biomassa, especificamente florestal em forma de lenha, é a cultura do tabaco, do qual o estado produziu 52% do volume nacional das 751 mil toneladas da safra 2013/14; o Brasil é o segundo maior produtor mundial desta cultura (Canal Rural, 2015).

A lenha é usada nas estufas para cura da folha do tabaco e o setor é responsável por 81% do consumo de lenha no setor agropecuário, ficando à frente do uso residencial e industrial. O volume total de lenha consumida no Rio Grande do Sul (Gráfico 20) em 2015 foi de 7,2 milhões de metros cúbicos, entre eucalipto, pinus e acácia, que são as principais fontes (AGEFLOR, 2016).

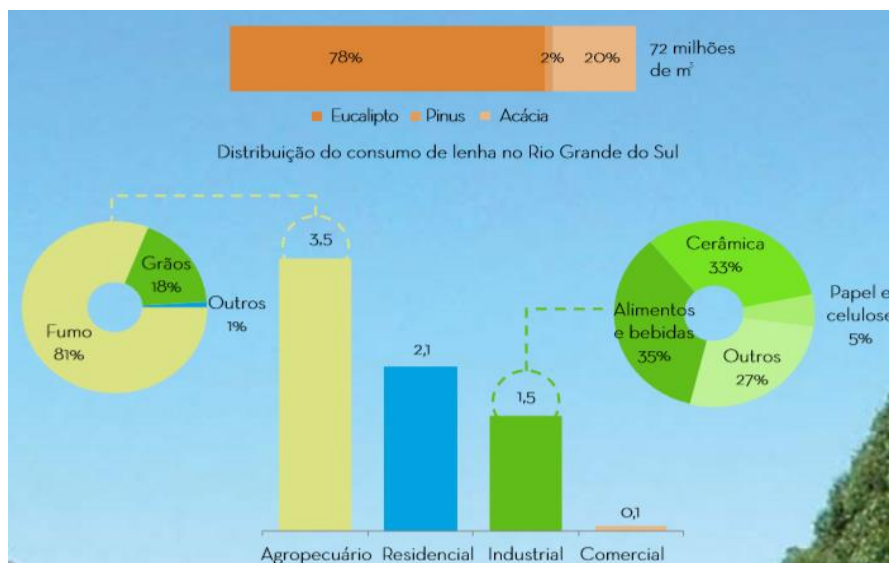
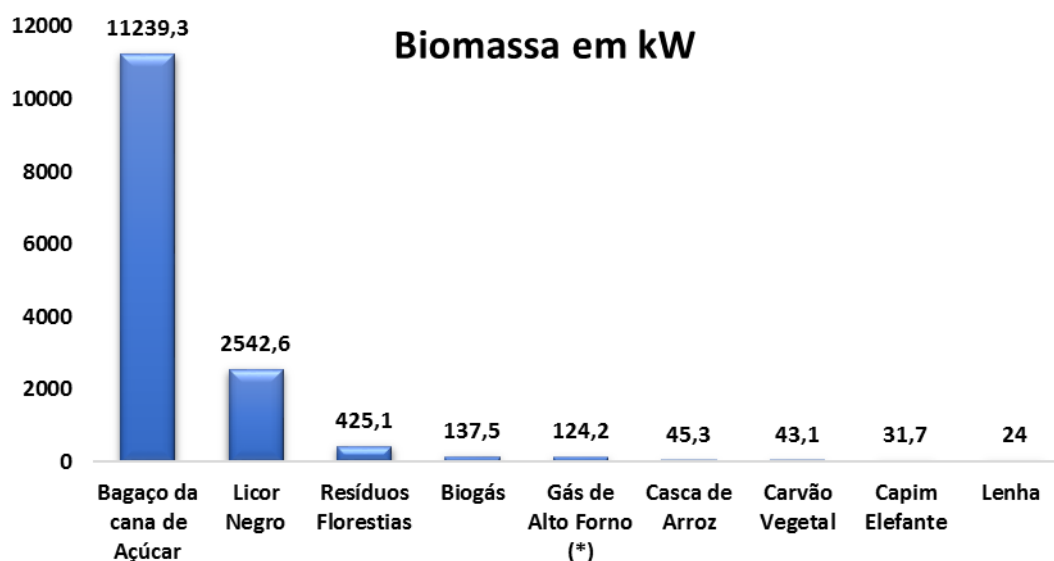


Gráfico 20 - Consumo de lenha do Rio Grande do Sul - Fonte: AGEFLOR, 2016

No Brasil, a madeira, além de servir como matéria prima para inúmeros produtos, tem importante papel na composição da matriz energética, onde a oferta de lenha tosca corresponde a 20% das fontes primárias renováveis, sendo que no Rio Grande do Sul esta oferta bruta salta para 31%. O uso desta fonte renovável de biomassa na geração de eletricidade (considerando os resíduos sólidos urbanos), representa 8,5% no cenário nacional na composição das fontes usadas para geração de eletricidade, distribuída por 557 usinas termoelétricas (UTE), que usam algum tipo de biomassa (de entre as principais representadas no gráfico 21), com a potência específica gerada por elas (ANEEL, 2018).



(*) Alimentado por Biomassa

Gráfico 21 - Potência instalada no Brasil com Biomassa - Fonte: Adaptado De ANEEL, 2018

Neste cenário energético, há ainda as unidades de geração específicas de vapor ou calor, em projetos privados que são oferecidos a outros setores industriais de diversas atividades, como sendo um insumo inerente ao seu processo produtivo. Como exemplo temos, no estado Gaúcho, a empresa EDP (Energias de Portugal), que fornece vapor produzido em caldeira para o fabricante de pneus Pirelli, utilizando 165t/dia de biomassa florestal, para fornecer 25t/hora de vapor usados essencialmente na vulcanização dos pneus (EDP, 2018).

Quando falamos especificamente em conversão para geração de eletricidade com uso de fontes específicas, o Brasil e o Rio Grande do Sul têm cenários diferentes, pois mesmo o estado gaúcho estando interligado ao sistema nacional de distribuição, este é, em parte, independente na sua geração. No Brasil a maior parte da eletricidade é proveniente de fontes hídricas estando a biomassa com 8,8% de participação a nível nacional e menos de 1% no estado gaúcho (ver gráfico 22).

A herança de uma cultura fóssil, a falta de investimentos e a dependência científica e tecnológica do Rio Grande do Sul perante o Brasil acarretam, entre outros prejuízos, a oneração ao consumidor com os custos de insumos como a

eletricidade. Mesmo havendo consideráveis reservas fósseis de carvão² (caminho inverso à tendência mundial), e boa parte da geração ser hídrica, não há investimentos substanciais em renováveis, logo o custo final da eletricidade acaba sendo pautado por uma convecção nacional, sem levar em conta as possibilidades nem as capacidades energéticas dos estados da federação.

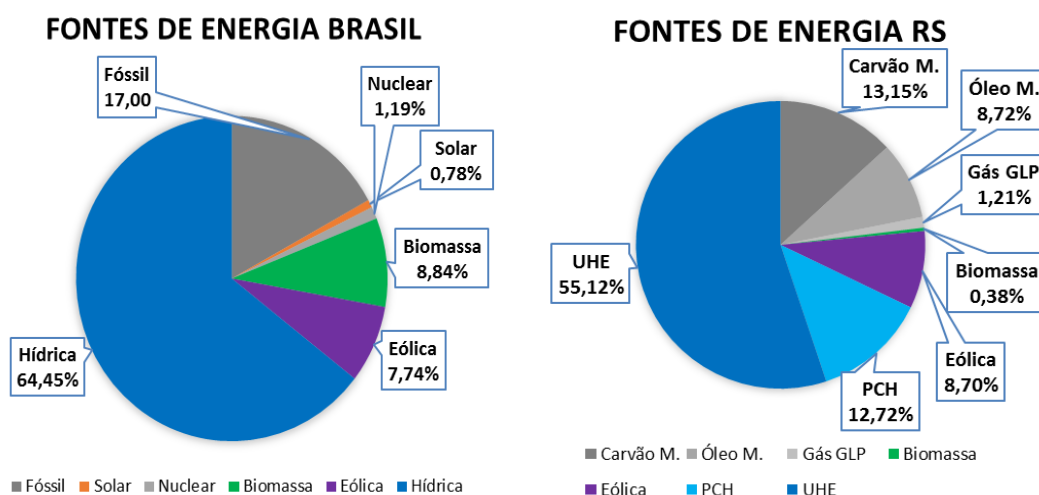


Gráfico 22 - Geração proporcionada por fonte para eletricidade - Adaptado de ANEEL, 2018 e BEN/RS, 2014.

A biomassa energética no Brasil ainda tem sua maior incorporação na indústria, seja na geração de calor, vapor ou até mesmo eletricidade. Como podemos ver no gráfico 23, entre os setores que utilizam a biomassa o uso doméstico aparece apenas em 6º lugar. O uso doméstico é normalmente associado à utilização da lenha na cozinha ou no aquecimento, pelo seu custo reduzido, mas no Rio Grande do Sul - um dos estados com temperaturas mais baixas no inverno - o uso da lenha para aquecimento residencial quase não é acompanhado de uma valorização energética como pellets ou briquetes. Isso se dá principalmente devido ao custo dos equipamentos residenciais específicos, que para a combustão dos pellets são na sua maioria importados, ficando o uso dos pellets mais restrito ao uso industrial, hoteleiro ou agropecuário.

² O Brasil possui em seu território 32 mil milhões de toneladas de carvão fóssil, sendo que 89,25% deste volume se encontra no estado do Rio Grande do Sul (CPRM, 2018).

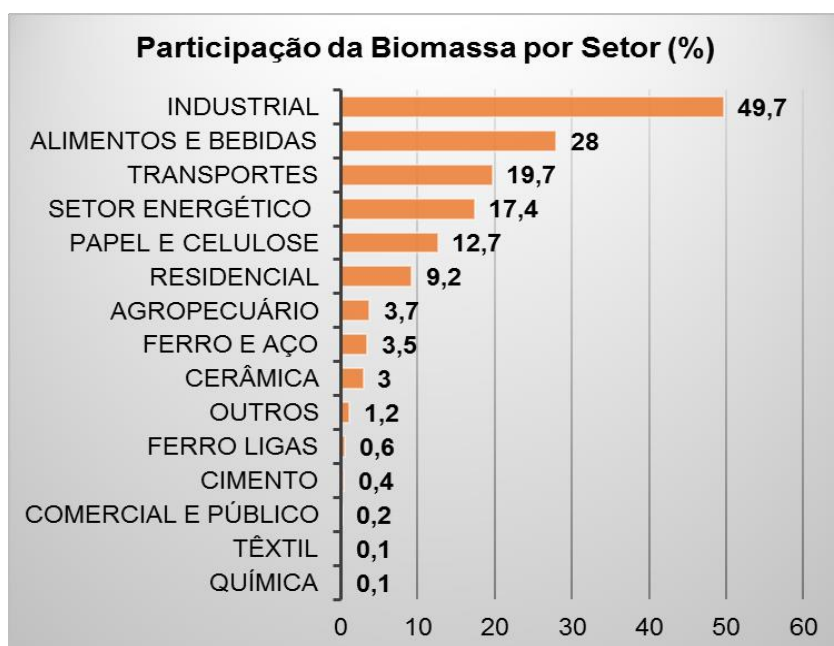


Gráfico 23 - Uso da Biomassa por setor no Brasil - Adaptado de BEN, 2017.

Outra das atividades com uso intensivo de lenha no Rio Grande do Sul é a carvoaria, onde tradicionalmente são usadas a acácia e o eucalipto com origem na silvicultura, mas que ainda explora a mata nativa para a produção de carvão. Seu uso fica quase restrito ao setor doméstico e comercial no cozimento de alimentos, principalmente de carne bovina, cujo consumo e produção são tradicionais da região. No ano de 2014 foram utilizados 15,5 milhões de metros cúbicos de lenha vinda da silvicultura e de mata nativa em 5500 fornos usados para transformação desta em carvão vegetal (BEN/RS, 2015). Esta fonte energética é largamente usada em alguns outros estados do Brasil, principalmente na metalurgia, no processo de fabricação de ferro-gusa e ferro-liga, e mesmo com a redução na produção (que pode ser observada no gráfico 24), se constata o incremento de floresta plantada para produção de carvão vegetal, com 82% de participação (IBÁ, 2016).

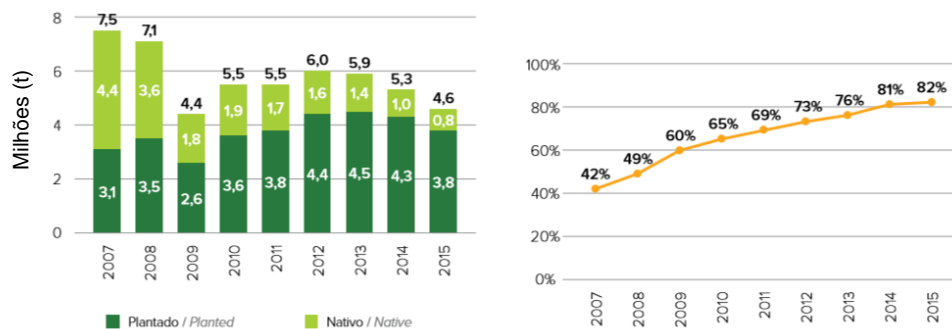
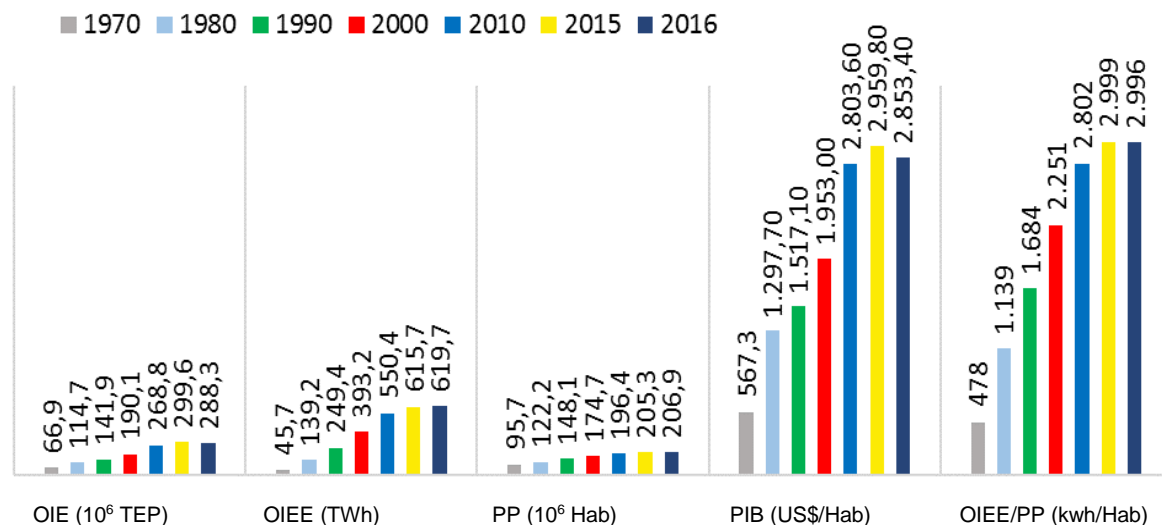


Gráfico 24 – Consumo e produção Brasileira de carvão vegetal (10⁶t) - Fonte: IBÁ, 2016

O Brasil possui uma enorme disponibilidade de fontes energéticas, porém mesmo com algum desenvolvimento tecnológico, 65% dessa disponibilidade é usada na indústria e nos transportes, e grande parte desta canalização energética é mal gerida: na indústria existem equipamentos ultrapassados com alto consumo, baixa eficiência e muitas perdas e, o Brasil com as suas dimensões continentais, de norte a sul tem como principal modal de transporte o deslocamento rodoviário, e mesmo próximo dos grandes centros urbanos a predominância é o deslocamento viário, o que acarreta imensos desperdícios energéticos; em relação à eletricidade, em 2016, mesmo com aumento da disponibilidade, passando a 619,7 Twh, (Gráfico 25), as perdas chegaram a 16,1% deste volume, muitas vezes transferindo os custos ao consumidor final (BEN, 2017).

DISPONIBILIDADE ENERGÉTICA DO BRASIL



OIE = Oferta interna de energia – OIEE = Oferta interna de eletricidade – PP = População

Gráfico 25- Disponibilidade energética do Brasil - Adaptado de BEN, 2017

A caracterização do setor florestal para as exportações do Rio Grande do Sul segue a tendência do Brasil em seu principal produto de exportação, sendo o país o segundo maior produtor de celulose, atrás apenas dos EUA, com volumes de 48,5 milhões de toneladas para os EUA e 18,8 milhões de toneladas para o Brasil, em 2016, exportando um volume de 69% da produção nacional (IBÁ, 2017). Neste mesmo ano o estado Gaúcho exportou 1,453 milhões de toneladas de celulose, 59% das exportações do setor no estado, seguido pela indústria de móveis com 16% e pela exportação de cavacos (Gráfico 26), com 10% (1106 milhões de toneladas), volume que se destina à indústria de celulose e MDF, tendo como principais clientes Japão e China (AGEFLOR, 2017). Mesmo considerando estes volumes, a participação brasileira é tímida, representando 2% no setor florestal e 4,5% no comércio de madeiras tropicais (Escobar, 2016). Já os volumes exportados em pellets não são expressivos devido aos custos de produção, volume de produção e falta de certificação.

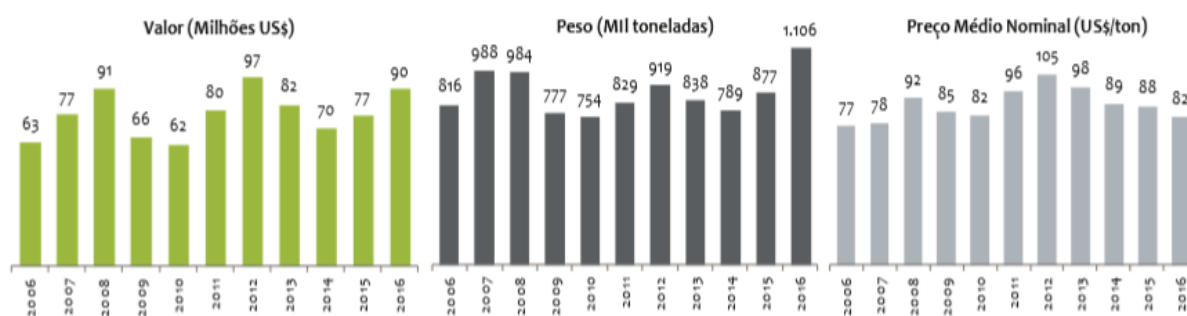


Gráfico 26 - Exportação de cavacos no RS - Fonte: AGEFLOR, 2017

Em Portugal, assim como no Brasil, o mix de fontes energéticas (Gráfico 27), é diversificado, a divisão da matriz entre as fontes renováveis e fósseis consegue um bom equilíbrio no suprimento das demandas internas. Todavia, com metas mais avançadas para a descarbonização, o país aumentou em média 8% anuais o incremento das fontes renováveis usadas na geração elétrica e entre os anos 2000 e 2017 a potência instalada passou dos 3,9 GW para 13,7 GW vindo desta matriz (APREN, 2017). É de notar que a participação das fontes renováveis para o ano de 2017 não é igual para a APA e para a APREN, o que poderá ser devido à medição ser realizada em um diferente intervalo anual.

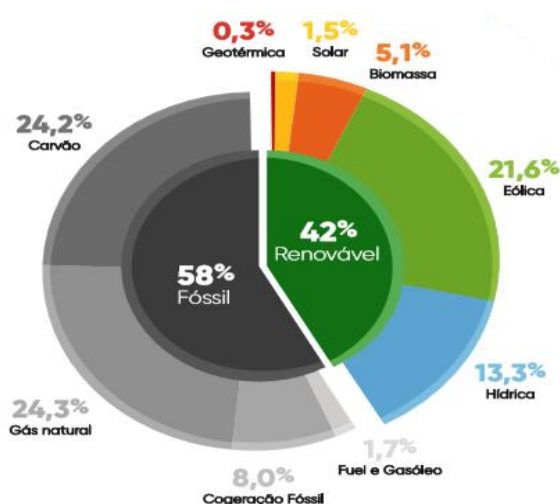


Gráfico 27- Mix de produção elétrica em Portugal 2017 - Fonte: APREN, 2017

No ano de 2016, mesmo com os vários incrementos das fontes renováveis (Gráfico 28), Portugal precisou importar combustíveis fósseis para geração de

eletricidade e uso em transporte, o que representou um impacto na ordem de 1,8% do PIB nacional desse ano. Outro fato que chama a atenção é que mesmo com os investimentos em fontes renováveis como é o caso das termoeletricas a biomassa, Portugal tem apenas 1,5% da geração elétrica vinda de centrais solares, e a redução de custos a partir desta fonte tem acúmulo na ordem de 80% desde 2010. O estado português tem o segundo melhor índice solar da Europa, mas esta fonte aparece como uma das menos significativas na sua matriz (APREN, 2017).

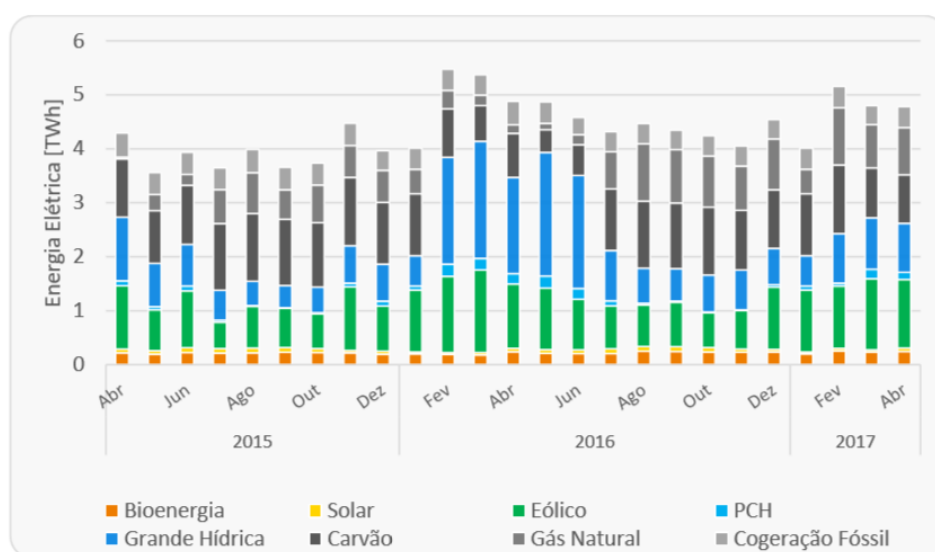
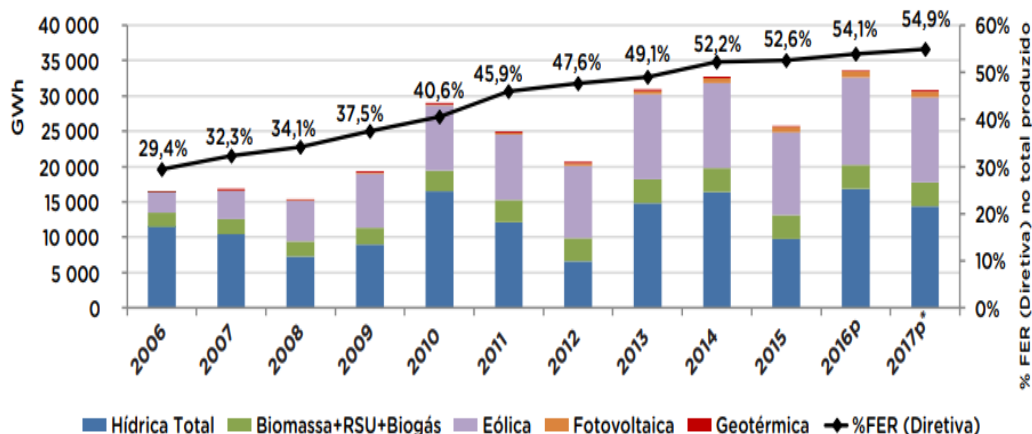


Gráfico 28 - Evolução da produção elétrica por fonte - Fonte: APREN, 2017

A Geração de eletricidade a partir da biomassa no território português está em progressão desde 2010, tendo um volume médio anual de 2800GWh. Mesmo como os incentivos governamentais para exploração de 15 novas centrais de geração por biomassa, atualmente somente oito estão em fase de produção ou projeto. A geração hídrica, outra fonte explorada, mesmo sendo volumosa sofre com períodos de estiagem longos, que por reflexo afetam a produção florestal, seja devido ao risco dos incêndios florestais ou pela desvalorização da produção. De qualquer forma, a participação das renováveis contabilizadas vem aumentando gradativamente no volume de participação na geração elétrica

baseada em FER, representando na atualidade 54,9% deste montante, como podemos observar no gráfico 29 (DGEG, 2017 cit. APA, 2017).



(p) dados provisórios (*) ano-móvel: abril 2016 - março 2017

Gráfico 29 - Participação das renováveis na geração elétrica - Fonte: APA, 2017

A distribuição setorial para o consumo de eletricidade em Portugal (Gráfico 30), encontra-se mais concentrada em três principais grupos, onde desponta o consumo industrial, seguido pelo setor de serviços e o consumo doméstico. No contexto da UE, Portugal tem metas estabelecidas para 2020, relativas ao clima e à energia, de 31% da participação para consumo final bruto vindo de fontes renováveis, sendo que o setor de transportes deve incorporar 10% vindo destas fontes, e a geração elétrica tem como meta 59,6% com origem em fontes renováveis (APA, 2017).

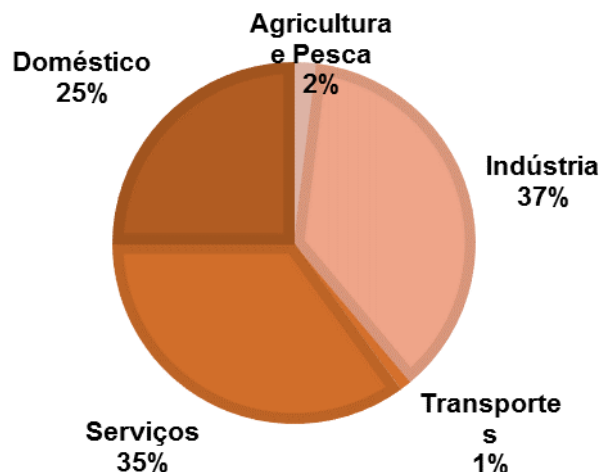


Gráfico 30 - Distribuição no consumo de eletricidade - Adaptado de DGEG, 2015

4.3 Análise Ambiental

A partir das cimeiras internacionais dos anos 90 com foco no clima e ambiente e na descarbonização das economias no sentido da preservação ambiental, passou-se a legislar melhor as atividades energéticas, criando limites para a poluição ambiental (através, por exemplo, da quota de carbono a que cada país tem direito), incentivando e privilegiando a produção de energia renovável e a utilização de equipamentos menos poluidores, capazes de atender as necessidades humanas com mais eficiência, menos consumo e ecologicamente mais corretos. No cenário legislativo brasileiro existem diversas leis que regulamentam as atividades ligadas ao meio ambiente, em nível Federal, Estadual e Municipal, tendo em vista a grande disponibilidade de fontes energéticas no leque nacional. Um destes é o programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica - PROINFA, criado pelo Governo Federal em 26 de abril de 2004 pela Lei 10.438 e revisado pela Lei no 10.762, de 11 de novembro de 2003. O principal objetivo do programa, coordenado pelo Ministério de Minas e Energia (MME), é a diversificação da matriz energética brasileira, visando aumentar a produção de energia elétrica proveniente de fontes renováveis. Neste sentido tramita ainda para aprovação o Projeto de Lei (PL) 3529 de 2012, que institui a política nacional de geração de energia elétrica a

partir da biomassa e que estabelece a obrigatoriedade de contratação dessa energia pelas concessionárias.

Atualmente, a atividade da silvicultura é considerada (pela Lei nº 6938, de 31 agosto de 1981 conforme descrito no código 20 do anexo VIII e revisada pela Lei nº 10.165, de 27 de dezembro 2000, - ambas federais) como atividade potencialmente poluidora e/ou utilizadora de recursos ambientais. Na esfera estadual do Rio Grande do Sul, esta definição é ratificada pela lei nº 11.520, de 03 de agosto de 2000, como sendo esse instrumento o código estadual de meio ambiente, o qual dispõe que a atividade da silvicultura é passível de licenciamento ambiental classificatório conforme o tamanho da área plantada. Baseada nessa lei, a portaria nº 086 de 2014 estabeleceu o zoneamento ambiental da silvicultura (ZAS) impondo limites de ocupação do solo baseados na relação UPN (Unidades de Paisagem Natural) BH (Bacias Hidrográficas), que objetiva o resguardo destes ambientes. Ainda com base nessa lei, a portaria nº 009 de 2012 estabelece padrões específicos de combustão (mínimo 750°C na zona de queima), para uso de subprodutos/sobras de MDF/MDP como combustível alternativo, usado em caldeiras. Temos que lembrar que o Estado do Rio Grande do Sul é um polo nacional na fabricação de móveis com elevada quantidade de resíduos vindos desta atividade.

O decreto estadual nº 53.160, de 03 de agosto de 2016, institui o programa gaúcho de energias renováveis, no qual fomenta a diversificação da matriz energética, com base em fontes renováveis com o objetivo de aumentar a segurança energética. Entre os instrumentos prevê financiamentos e isenções fiscais para os novos empreendimentos como no caso das termelétricas que usam a casca do arroz. Soma-se ao decreto a lei nº 14.961, de 13 de dezembro de 2016 - dispõe sobre a política agrícola estadual para florestas plantadas e seus produtos, em especial o uso da biomassa florestal na geração de energia.

Tramita em fase conclusiva o Projeto de Lei Federal 1291/2015 que estabelece a política de biocombustíveis florestais, o qual tem por objetivo ampliar o cultivo e promover o aumento das florestas plantadas com potencial energético,

e o plantio em áreas degradadas, tendo em vista a sua recuperação (BRASIL Florestal, 2017).

Relativamente à composição e uso da biomassa, seja para geração de calor, energia, vapor, etc., o Brasil não possui normatização técnica específica que venha regular a qualidade ou as suas características. A normatização existente está associada de alguma forma com a preservação ambiental e é relativa às externalidades no uso ou na gestão da fonte, como por exemplo, relativa à qualidade do ar para empreendimentos que emitem para a atmosfera fumo emitido de forma inadequada em processos de combustão, com geração ou cogeração de energia, com uso da biomassa. Poucas empresas conseguiram ingressar no mercado internacional ao certificar seus produtos pois normalmente a certificação aplicada é ENplus, (a qual normatiza a matéria prima dentro de um padrão e orienta sobre o processo de produção e comercialização), o que eleva o custo do produto em 0,10 Euros por tonelada produzida (ANPEB, 2015).

O uso e o desenvolvimento de novas fontes de energia renováveis quando aplicadas de forma sistêmica podem contribuir para a geração de novas cadeias econômicas regionais, dando oportunidade de desenvolvimento sustentável aos seus integrantes. Entre os exemplos aqui estudados, salientamos o caso da casca do arroz, resíduo classificado pela NBR³ 10004 (Norma Brasileira) como classe II (resíduos não perigosos e não inertes) e que, se descartado de forma incorreta pode levar até cinco anos para total decomposição, exalando durante esse período, metano (CH₄) para a atmosfera (Cardoso, 2012).

Atualmente com um volume produtivo da cultura do arroz de 8,7 milhões de toneladas registrados na última safra – 2017 - o Estado do Rio Grande do Sul acaba tendo um volume disponível na ordem de 1,9 milhões de toneladas de resíduos somente em cascas (considerando que estas são 22% do volume do grão). Ainda que deste volume 15% seja usado na secagem do grão, a maior parte acaba por não ter o destino adequado e, em alguns casos torna-se um resíduo ambiental com as suas externalidades negativas e danos ao meio ambiente. Em termos econômicos este volume sobranter teria a capacidade de

³ NBR é a sigla adotada pela ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas, representante da ISO no Brasil.

gerar 187 MW⁴ ao longo do ano, em comparação ao último empreendimento instalado no estado. Sendo que se todo montante disponível fosse usado na geração de eletricidade o valor pago pela produção anual poderia totalizar 108 milhões de dólares considerando o valor pago pela bioenergia em leilão na última aquisição energética realizada pelo governo em 2017 ao custo de 66 USD por MWh (MME, 2018).

Os fatores tecnológicos e de instalação estão fora desta conta, e as tecnologias de combustão mais eficientes, abordadas aqui inicialmente poderiam agregar ainda mais valor na conversão desta biomassa. De qualquer forma a multiplicidade de ganhos vai além dos financeiros, com oferta de mais postos de trabalho diretos e indiretos para atuar na cadeia de produção, sendo que em um segundo momento os lucros poderiam duplicar, com a fase de distribuição e, num primeiro momento com a necessidade de novas linhas de transmissão e subestação.

Ambientalmente, a incorporação da casca do arroz complementa a economia circular da produção orizícola, gerando energia de forma mais limpa, em substituição das energias térmicas fósseis, em especial o carvão mineral (o qual o estado gaúcho ainda mantém), evitando o dano ambiental provocado pelas cascas depositadas inadequadamente no solo e utilizando as cinzas pós combustão como adubo orgânico ou dentro da construção civil.

⁴ Considerando uma capacidade operativa de 100%, Comparado a UHT 8MW/70t de cascas.

Tabela 7- Benefícios associados ao uso da Biomassa

Adaptado de Pinho, 2014 e Escobar, 2016 (Organizado pelo Autor)

Vantagens	Desvantagens
Recurso renovável	Menor poder calorífico
Emissões não contribuem para o efeito estufa	Maior possibilidade de geração de material particulado
Menor corrosão dos equipamentos (caldeiras e fornos) *Madeira	Dificuldade no estoque e armazenamento
Impactos ambientais reduzidos	Adequada localização da fonte
Utilização dos recursos endógenos	Redução da biodiversidade
Preços mais acessíveis	Custos elevados na disposição final dos resíduos
Segurança energética	Baixa densidade energética frente a fontes fósseis.

A produção do etanol levou o Brasil a grandes avanços tecnológicos e ambientais na exploração desta fonte energética. Passos importantes ocorreram na base do processo de colheita melhorando o volume de produção. Antigamente, o método “rústico” punha fogo na palha seca (Figura 14), juntamente com as folhas verdes antes da colheita manual, para limpeza do terreno. Na atualidade, com a colheita mecanizada e melhores tecnologias, esse material que chega a 30% de matéria prima (biomassa) faz parte da produção seja para geração de energia, nas usinas seja na produção do etanol celulósico de 2ª geração, um combustível menos poluente adicionado à gasolina para o combate a emissões atmosféricas, assim como evita as emissões provenientes da queima da palha e ao desgaste laboral no processo de colheita que trazia riscos ao ambiente e à saúde do trabalhador (Cultivar, 2018).



Figura 14 - Fogo em plantação de Cana - Fonte: ORC, 2018

Os volumes produzidos pela cana de açúcar no Rio Grande do Sul ainda não provocam interesse comercial para a incorporação energética do bagaço. Na atualidade os 17 hectares cultivados no estado não concentram volume suficiente para conversão (menos de 73 toneladas), nem atratividade suficiente para novos empreendimentos do setor termoeletrico, em oposição aos volumes nacionais, que em média incorporam mais de 102 milhões de toneladas em bagaço, anualmente usados pela indústria de cana na geração térmica e na produção de eletricidade (BEN/RS, 2015).

As vantagens no uso da biomassa se estendem também aos setores socioeconômicos ligados à cadeia florestal. Estima-se que sejam produzidos no Brasil cerca de 30 milhões de toneladas anuais de resíduos de madeira, sendo a indústria madeireira a maior fonte produtora destes resíduos, com cerca de 91% do total (Cunha, 2017). As rotas tecnológicas para a conversão energética a partir da biomassa florestal podem gerar empregos em uma escala 4 vezes maior do que a produção energética convencional. Além disso, há uma melhora também na economia do entorno nestas regiões produtoras, de forma sustentável e com um recurso renovável de baixo impacto ambiental e que tem custos mais acessíveis na conversão e na geração de eletricidade, seja em pequena ou média escala.

Este fato tem contribuído para a descentralização e complementariedade da oferta de energia elétrica, para o desenvolvimento de comunidades rurais isoladas e, em virtude da dimensão territorial de algumas economias, esse modelo de eletrificação tem sido implementado em vários países da Ásia e América Latina (Teixeira, 2016).

As florestas plantadas com o objetivo de fornecimento de biomassa - seja lenha ou carvão de origem vegetal - diminuem a pressão exercida sobre as florestas nativas e desempenham importante papel na neutralização das emissões, absorvidas durante a fase de crescimento bem como na revitalização de terras degradadas. Os modelos em estudo tipo ILPF – Integração Lavoura, Pecuária e Floresta - surgem como integradores dessas atividades econômicas, vindo a otimizar o desenvolvimento do agronegócio com melhores lucros para mais de um sistema produtivo dentro do mesmo espaço (EMBRAPA, 2018).

As atividades ligadas à produção do tabaco, cultura em que o Estado do Rio Grande do Sul se destaca como principal produtor nacional, possuem uma grande importância social e econômica. Esta atividade emprega várias famílias e, na época da safra, envolve mais de 153 mil pessoas ligadas diretamente à parte produtiva. Essa cadeia produtiva (Grãos + Tabaco) consumiu 3,5 milhões de metros cúbicos de biomassa em 2016, onde 81% deste volume foi usado na cura do tabaco (Ageflor, 2016). O processo produtivo leva entre 132 a 168 horas (aproximadamente 7 dias), com temperaturas entre 32 e 68 °C e historicamente contribuiu para a redução da mata nativa nas regiões de plantio quer na ocupação do solo com tabaco, quer no uso da lenha. Na atualidade a melhora na fiscalização, promoveu o emprego da lenha fazendo uso das espécies exóticas, através das florestas plantadas formando também mais uma atividade econômica na região com o plantio, cultivo e venda da silvicultura.

Para cura do tabaco são usados de 10 a 12 metros cúbicos de lenha por tonelada, que podem variar conforme os equipamentos e aplicação, em um comparativo entre as principais fontes disponíveis no mercado regional (Tabela 08). A eficiência energética no consumo de biomassa por quilo de tabaco seco com o pellet é 24,25% superior à da lenha e 17,45% superior à do serrim (Welter, 2017), devido à sua maior densidade, à baixa umidade e ao poder calorífico diferenciado, porém o alto custo neste caso torna seu uso mais restrito e passível de melhor avaliação para emprego na cura do tabaco a longo prazo.

Tabela 8 - Custos comparativos entre tipos de Biomassa - Adaptado de Welter, 2017

Tipo de Biomassa	Serrim (Eucalyptus)	Lenha (Eucalyptus)	Pellets (Pinus sp)
Dados			
Custo	50,00 (R\$/ton)	68,82 (R\$/m ³)	770,00 (R\$/ton)
Teor de Umidade (%)	42,7	35	8,4
Densidade (kg/m ³)	227	487,8	522
Consumo Biomassa (kg/Tabaco)	2,49	2,71	1,98
Energia Consumida (kcal)	10 704	11 666	8837
PCI (kcal/kg)	4301	4310	4457

* Dólar médio US\$3,48 por 1R\$ (Real), ano de 2018 (Imprensa, 2018).

Com base no volume de lenha de 2,8 milhões de metros cúbicos consumidos pelo setor de tabaco em 2016, os custos de cura da safra de 483 mil toneladas produzidas nesse ano no estado gaúcho (Canal Rural 2017), ficaram na casa dos 195 milhões de Reais [equivalente a 56 milhões de dólares] ao custo de 68,82 Reais o metro cúbico [equivalente a 19 dólares] da lenha, pago pelos produtores pelo insumo. Se o volume consumido em lenha fosse transformado em serrim ou pellets os valores seriam desproporcionais devido às particularidades específicas e ao valor comercializado de cada material combustível. É sabido que os pellets têm mais vantagens perante a lenha ou o serrim pela baixa umidade e o poder calorífico, porém o que dificultaria seu uso neste caso seria o preço da tecnologia a ser usada e a incerteza posterior no preço do produto

Fica evidente a movimentação econômica provocada pela demanda energética suprida pela biomassa para esse setor da economia local, mesmo tendo este levantamento apenas apurado os custos do insumo – lenha - e considerando que para o atendimento desta etapa muitas outras foram cumpridas desde o plantio, o cultivo, a extração, a logística e o armazenamento; sem contar o preço da terra, onde as oportunidades de negócio abrem caminho para novos estudos. Dados da safra de 2012/13 mostraram que o montante de 40,5% da lenha consumida na região produtora do tabaco de Santa Cruz do Sul, precisou vir de outras localidades do estado mostrando a tendência de consumo e potencialidades do setor da biomassa (Farias, 2013 cit. Welter 2017).

Uma alternativa energética ao processo de cura do tabaco seria o uso do GLP, que possui um poder calorífico de até 3 vezes superior ao da biomassa florestal (4310 kcal/kg contra 12 000kcal/kg em média) (Welter 2017), e embora não tenham sido encontrados estudos/avalições conclusivas sobre o tema é possível apurar que o metro cúbico do GLP⁵ é comercializado a 175,25 Reais [equivalente a 50 dólares] (Sulgás, 08/2018), sendo mais que o dobro do preço da lenha do Eucalyptus. Neste caso, avaliações de consumo, eficiência e tecnologia em um processo operacional de cura do tabaco, precisariam ser colocados à prova para validar o uso e a possível substituição da biomassa que ainda se mostra vantajosa em função do preço e volume consumido.

Na atualidade não há normativa técnica quanto ao tipo de fonte combustível usada, na secagem de produtos agrícolas. Em avaliações de secagem com grãos de café conclui-se que comparado à lenha do eucalipto os custos do GLP seriam 111,5% superiores. Excluídos os equipamentos usados com cada fonte e as particularidades no processo de secagem do grão, os custos atrelados ao combustível utilizado representariam em média 40,76% para lenha e 67,94% para o GLP (Santos et al., 2006 cit. Martin et al., 2016).

Em termos energéticos dentro de condições específicas para o processo de cura ou secagem, a lenha tem uma eficiência de combustão de 75% contra 95% do GLP. Mesmo com as vantagens energéticas e ambientais, o uso de fontes com melhor rendimento energético como os pellets ou o GLP, neste momento ainda é inviável aos pequenos produtores de tabaco devido a questões econômicas e aos custos tecnológicos elevados na troca do combustível ou posteriormente na aquisição do mesmo. A automação do processo, com o uso de equipamentos a pellets ou GLP traz, para além de um menor consumo de combustível, ganhos para a saúde do operador (em termos ergonômicos, aquando do carregamento de lenha na operação de cura), e ainda a vantagem ambiental da redução de emissões. Porém, mesmo sem as sobretaxas e os altos impostos aplicados aos

⁵ Uma normativa da década de 80 do extinto Conselho Nacional do Petróleo (CNP) proibia a utilização dos derivados de petróleo para secagem de produtos agrícolas em geral, com o objetivo de preservação das reservas petrolíferas (Dalpasquale, 2012).

combustíveis fósseis, os biocombustíveis ainda enfrentam dificuldades de penetração no mercado energético (Welter, 2017).

As estimativas governamentais para o consumo de eletricidade no Brasil preveem um incremento de 200 TWh até 2025, quase um terço do consumo atual, e novos investimentos para suprir essa demanda devem ser implementados ao longo dos próximos anos. Já há predomínio de algumas renováveis em alguns estados brasileiros, e o Rio Grande do Sul tem condições para melhorar sua matriz energética com o uso da biomassa e outros resíduos agroindustriais. Mantendo a plataforma energética atual e a participação da biomassa passando de 0,38% para 15%, o investimento previsto é de US\$ 327 milhões até 2025, podendo gerar mais empregos, exportar mais derivados e contribuir para uma melhoria climática reduzindo as emissões para um nível anual de 56,3 MtCO₂ com impacto direto na descarbonização da economia (Instituto Escolha, 2017).

Com o cenário atual da matriz energética, onde as fontes têm, em termos de território nacional, diferentes disponibilidades e potência instalada, o preço médio ao consumidor (sem impostos) do MWh fica em US\$150⁶ no Brasil em geral e fica em US\$151 no RS em particular. A variação nos custos de produção entre cada região deve-se à sua matriz e à disponibilidade apresentada por cada fonte, e isso faz da eletricidade no Brasil uma das mais caras no mundo. Os preços em território nacional podem variar de US\$89 a US\$220 o preço do MWh, mesmo tendo mais de 60% da sua base gerada por fontes hídricas de custos mais acessíveis (ANEEL, 2018). Condição ainda assim mais favorável do que em Portugal, que tem custos de US\$261 o MWh, porém com uma matriz energética mais equilibrada entre renováveis e fósseis (KWES/IEA, 2017).

O valor médio da energia contratada nos últimos leilões se mostra ainda bastante linear entre as fontes (Gráfico 31), mesmo tendo várias renováveis e com o predomínio pela geração hidráulica a custos elevados. O déficit de distribuição e da qualidade energética é um dos maiores problemas enfrentados no Brasil. Mesmo um recurso abundante como a água, quando mal gerido afeta também a geração de eletricidade. Esta, desde 2015, devido ao alto consumo e

⁶ Dólar médio US\$3,48 por 1R\$ (Real), ano de 2018 (Imprensa, 2018).

às baixas precipitações, teve um aumento nas tarifas ao consumidor, aumento que pode ser visto nas faturas domésticas numa escala de cores, como um semáforo, conforme a complexidade na geração.

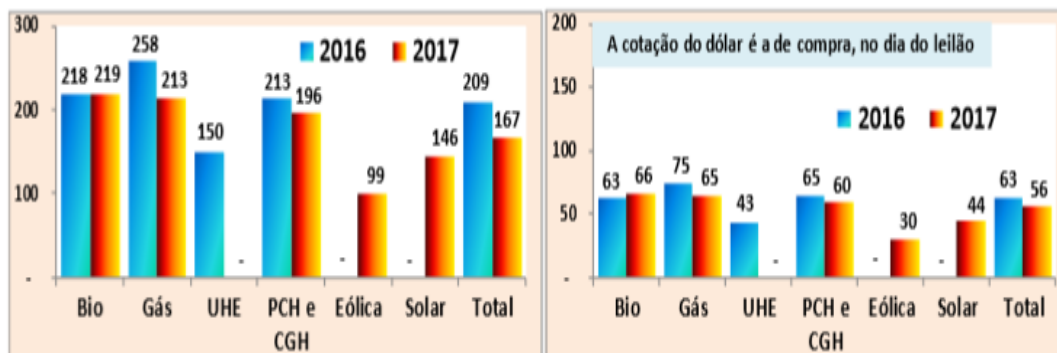


Gráfico 31 - Preço médio por fonte de eletricidade pago pelo país em leilão (R\$/MWh e US\$/MWh) - Fonte: MME, 2018

A eficiência energética das fontes e os custos associados à instalação de novos empreendimentos tem tornado as renováveis cada vez mais competitivas no âmbito mundial, atraindo cada vez mais novos investidores. Além da questão ambiental, da disponibilidade dos recursos e da sua contribuição para a descarbonização e mitigação das alterações climáticas, globalmente a biomassa já tem custo médio de US \$0,07/kWh, se mostrando muito competitiva frente a outras renováveis e aos combustíveis fósseis apresentados no gráfico 32 (IRENA, 2017).

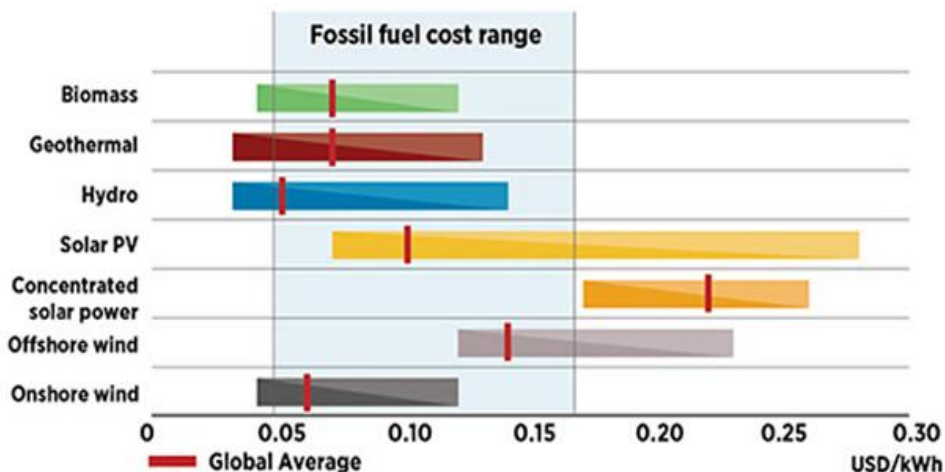


Gráfico 32 - Custo médio de geração de energia renovável, na faixa de combustíveis fósseis em 2017 - Fonte: IRENA, 2017

Na tabela 09 é possível observar a diferença entre as principais fontes, com uma avaliação dos custos de incorporação de 1000 MW. Estas matrizes energéticas têm diferentes valores de variáveis conforme o tipo de tecnologia aplicada, e apresentam também disponibilidade diversificada. Alguns autores consideram já o fator de capacidade de conversão da biomassa até 75%. No Brasil estima-se que a biomassa aumente em capacidade produtiva para geração de energia até 19 vezes até o ano de 2030, contabilizando um período de 25 anos (Trombeta e Filho, 2017). Além do seu custo atraente e da sua independência externa de condições climáticas favoráveis, ao contrário de outras renováveis que dependem do sol ou dos ventos para produção.

Tabela 9 - Painel comparativo entre fontes energéticas - Adaptado de MME, 2007

Fator	Unidade	Hídrica	Biomassa	Carvão Nac.	Nuclear	Gás Natural	Eólica	Óleo Cumb.	Diesel
Disponibilidade de Simulada	MW	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Fator de Capacidade	%	52 a 55%	49 a 58%	80 a 92%	85 a 90%	88 a 94%	30%	92 a 97%	92 a 97%
IP	%	3,0%	5,0%	9,5%	3,0%	2,0%	0,0%	2,0%	2,0%
Custo Variável Unitário	R\$/MWh	1,5	14,7	37,5	25,2	108,6	4,5	300	500
O&M Fixo	R\$/kW. ano	11,3	46	57,8	138	57,5	46	28	25
Custo de Investimento	US\$/kW	1.250	1.100	1.500	2.000	900	1.500	800	600
Tarifa de Equilíbrio	R\$/MWh	116,4	121,1	133,3	151,6	175	232	382,9	602,2

IP= Indisponibilidade programada – O&M= Operação e Manutenção

*Dólar médio US\$3,48 por 1R\$ (Real), ano de 2018 (Imprensa, 2018).

Uma mudança na política energética com foco em renováveis e o aproveitamento de áreas degradadas poderiam fazer o Brasil passar dos atuais 7,7 para 12 milhões de hectares em florestas plantadas ao longo de quatro anos, gerando até 200 mil postos de trabalho somente com origem na exploração destas florestas (Escobar, 2016). Como também referido em quadros anteriores, o custo da conversão para biomassa se mostra muito vantajoso perante outras fontes, não somente pelo custo final do MW, mas pelo investimento e manutenção das operações.

Os setores da sociedade que mais incorporam a biomassa em sua demanda energética são a indústria, a produção de alimentos/bebidas e o transporte, não necessariamente sendo essa a sua principal fonte energética ou a de maior consumo individual. No entanto, devido às diversas ramificações destes setores, chegar a um cálculo mais preciso de onde a biomassa entrou como substituto energético demandaria tempo e um elevado volume de informações a serem contabilizadas. Este cálculo será assim para estudos futuros. É possível estabelecer, porém valores de referência em energia total primária e os volumes

consumidos pelo Rio Grande do Sul e pelo Brasil, como podemos observar na tabela 10.

Tabela 10 - Consumo energético setorial – Fonte: BEN/RS 2015 e BEN/BR 2016

Setor	Consumo Brasil (tep) 2016	Consumo RS (tep) 2014
Industrial	84 183 000	2 540 000
Alimentos/Bebidas	23 531 000	700 000
Transportes ⁷	82 651 000	2 506 000

Para substituir estes volumes consumidos por madeira vamos considerar a densidade já vista anteriormente de 0,48 tonelada por metro cúbico para determinar a massa e a produtividade a nível nacional de 40 m³/ha para identificarmos a área necessária a ser plantada. Como o rendimento térmico da lenha pode ser variável fica estabelecido uma eficiência avançada de 80% onde uma tonelada de lenha corresponde a 0,31 tep (BEN, 2017; Welter, 2017 e Escobar, 2016).

⁷ Inclui combustíveis usados por navios internacionais e aviação internacional.

$$Mad.t. = \frac{Det.}{0,31} * 1,25 \quad Dm = \frac{Dt}{0,48} \quad AP = \frac{Dm}{40}$$

Em que:

Mad.t.= Demanda de madeira em toneladas;

Det.= Demanda de energia em tonelada equivalente de petróleo;

Dm = Demanda de madeira em metro cúbico;

Dt = Demanda de madeira em toneladas;

AP = Área florestal necessária em hectares

Tabela 11 - Equivalência de Biomassa no atendimento aos setores - Elaboração do autor.

	Brasil 2016			Rio Grande do Sul 2014		
Setor	Demanda de madeira (t)	Demanda de madeira (m ³)	Área florestal (ha)	Demanda de madeira (t)	Demanda de madeira (m ³)	Área florestal (ha)
Industrial	339 447 580	707 182 458	17 679 561	10 241 935	21 337 364	533 434
Alimentos/Bebidas	94 883 064	197 673 050	4 941 826	2 822 580	5 880 375	147 009
Transportes	333 270 161	694 312 835	17 357 820	10 104 838	21 051 745	526 293

O volume de biomassa florestal (apresentados na tabela 11) comparada ao volume de petróleo usado pelos setores, aumenta consideravelmente em quantidade devido as diferenças de poder calorífico. Importante observar que o percentual de substituição em floresta foi de 100%, o que dificilmente ocorreria neste patamar em termos práticos em casos de troca ou substituição entre os insumos primários, mas que gradativamente poderia entrar na linha de sucessão.

O Brasil e, por conseguinte o Rio Grande do Sul ainda tem um longo caminho a trilhar em busca de melhor eficiência e melhor aproveitamento de suas fontes energéticas. Mesmo dispondo de tamanhas riquezas, o país ainda é dependente do comércio externo de energia, importando petróleo, gás natural, carvão mineral e eletricidade, sendo que juntas essas fontes somaram em 2014 o montante de 39 606 Mtep, o que correspondeu a 12,7% da demanda total usada pelo país neste ano (MME 2015). Salvo as necessidades específicas por cada uma destas fontes, esse percentual importado facilmente poderia ser substituído por 332 710 mil metros cúbicos de madeira distribuído em pouco mais de 8 317

hectares de terra (valores alcançados conforme o modelo desenvolvido anteriormente). No último levantamento de terras ociosas no Rio Grande do Sul contabilizou-se o montante de 1,3 milhões de hectares disponíveis para plantio o que poderia colaborar para suprir essa demanda energética importada pelo país (Jornal do comércio, 2018).

O uso dos biocombustíveis traz benefícios ambientais e energéticos somando-se a outras fontes de energias renováveis para entrar na linha de sucessão dos combustíveis fósseis. Viabilizam a complementariedade e diversificação da matriz, aportando ainda relevância social e econômica e contribuindo para a mitigação dos impactos gerados pelo homem, ao atuar na redução das emissões de poluentes atmosféricos e de Gases de Efeito Estufa (GEE) produzidos pela combustão das fontes de origem fóssil. Durante a COP-21 o Brasil foi um dos países que se propôs a reduzir as emissões em até 43% até 2030; somente o setor energético contribuiu com 432,6 milhões tCO₂ gerados em 2017 (MME, 2017).

O Brasil tem mais de 1/3 das fontes primárias de origem fóssil (IEA, 2017), melhorando essa distribuição de participação com 64% da geração de eletricidade baseada em fontes hídricas e com forte crescimento das renováveis. O papel das florestas colabora não apenas sendo um estoque energético, mas neste caso atua como depósito de carbono ou até mesmo sumidouro quando na preservação das espécies autóctones.

Com a diversidade no suprimento energético entre bioenergia e energia hidráulica os índices de emissões do Brasil em relação com a Oferta Interna de Energia (OIE), ficam muito abaixo da média mundial: 1,47 tCO₂/tep contra 2,34tCO₂/tep respectivamente. No ano de 2015, somente China e Estado Unidos responderam por 43,6% das emissões mundiais com a marca de 14.088 mil milhões de tCO₂/tep (BEN, 2016). Mesmo estando abaixo das médias mundiais no contributo para emissões, o Brasil e o Rio Grande do Sul, que segue a tendência do país, concentram a maior parte das suas emissões no setor de transporte e produção de combustíveis (Gráfico 33). As emissões industriais se apresentam de forma pulverizada em virtude da extensão territorial brasileira, que

é refletida no setor de transportes, o maior gerador de emissões, e no fato de ter um modal ineficiente, com predomínio rodoviário movimentando insumos, mercadorias e alimentos de uma ponta a outra do país.

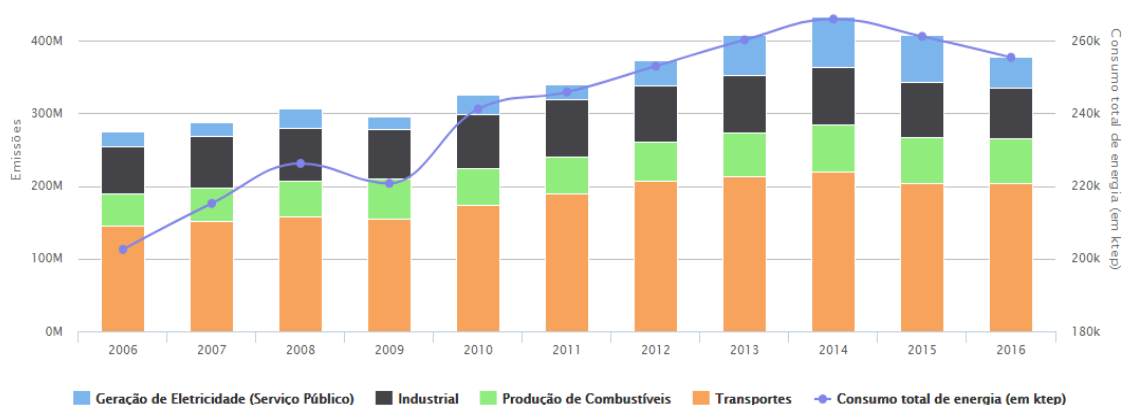


Gráfico 33 - Emissões do setor pelo consumo de energia - Fonte: SEEG, 2018

As emissões atribuídas à geração de eletricidade acabam por se intensificar em virtude das fontes específicas, como as empregadas em termoeletricas movidas a gás, óleo ou carvão em regiões com baixa disponibilidade hídrica, e que poderiam ter essa demanda suprida por renováveis como biomassa. De qualquer forma o Brasil ainda possui uma distribuição per capita das emissões (Gráfico 34), muito inferior aos países mais desenvolvidos e com industrialização mais forte.

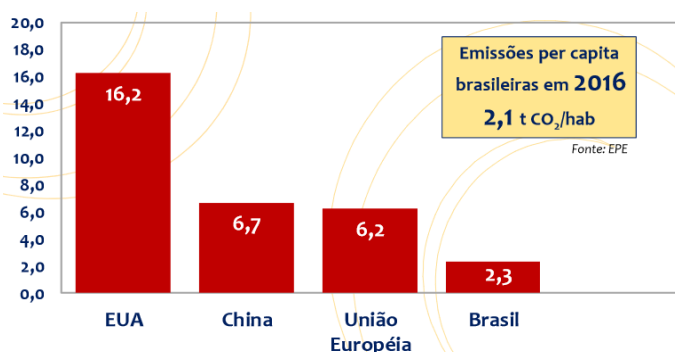


Gráfico 34 - Comparativo de emissões per capita (2014), em tCO₂/hab. atualização ano 2016.
Fonte: BEN, 2017.

Portugal tem metas mais avançadas para uma descarbonização econômica e o uso da biomassa está presente de forma efetiva em mais setores da sociedade quando comparado ao Brasil, mesmo com o maior volume da produção dedicado para exportações. Somente em 2010 o consumo interno cresceu 173%. Graças a disponibilidade interna florestal, o país vem apostando na conversão desta fonte para transformação em eletricidade e aquecimento, reduzindo sua dependência energética e desenvolvendo o setor agroflorestal. A meta nacional para o plano 2020 é obter mais de 49% de eletricidade renovável com o uso da biomassa (Leão e Gírio, 2016). Para isso novas centrais térmicas entram em operação durante os próximos anos, elevando a capacidade para 769 MW, caso sejam instaladas as centrais previstas (Roberto, 2013).

As emissões per capita de CO₂ em Portugal ficam na ordem de 4,7 t anuais de um total de 48 880 milhões tCO₂ emitidas por ano (Ferreira, 2016) o que pode ser variável conforme a progressão econômica, o clima e a geração energética, ou no caso do acionamento das termoelétricas em função das baixas precipitações ou aumento na demanda. A redução das emissões vem sendo constatada de forma gradativa como mostra o gráfico 36. De qualquer forma, Portugal vem dando exemplo na geração por renováveis, ao já ter conseguido 70 horas de abastecimento totalmente assegurado pelas renováveis. Entre as vantagens ambientais e econômicas associadas às renováveis há também a redução da importação energética, a geração de mais empregos e a redução da carga combustível de biomassa no solo - neste caso refletindo-se sobre os incêndios florestais (Roberto, 2013).

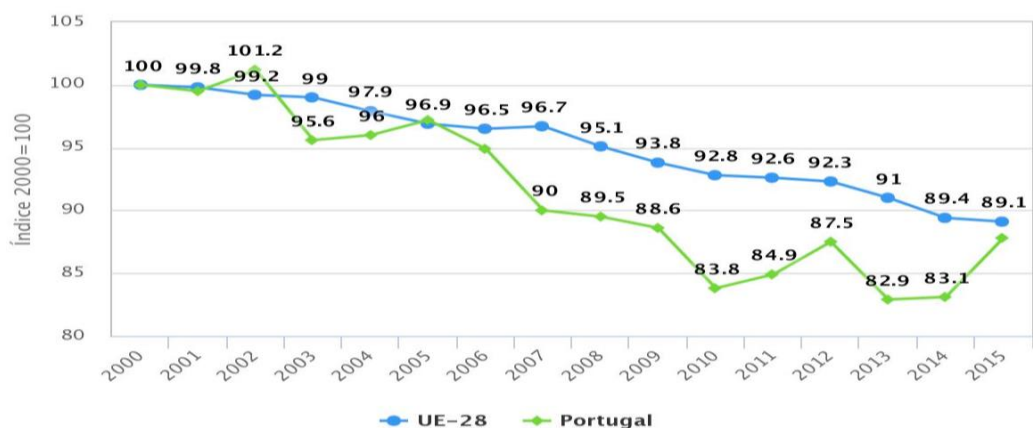


Gráfico 35 - Intensidade da emissão de GEE relativa ao consumo de energia, Portugal e UE-28. Fonte: APA, 2018

Mesmo com a redução das emissões em franca queda, a demanda energética em certos períodos tem obrigado o acionamento das térmicas movidas a carvão, provocando novos picos nos índices. As centrais de Sines e Pego somam a maior parte destas emissões atribuídas a produção de eletricidade: 22,5%, onde o carvão de custo mais reduzido, mas com impacto maior pode gerar até 970g/CO₂ por kWh gerado (Noctula, 2015).

No Brasil o acionamento das termoelétricas alimentadas por fonte fóssil é complementar ao sistema de abastecimento em boa parte do tempo, salvo em algumas regiões que não possuem outras fontes de geração, e onde sua atividade é contínua (em 2016 esta participação foi de 14% no atendimento a demanda elétrica nacional (EPE, 2016)). Cabe salientar que as termoelétricas acionadas por fonte renovável como o bagaço de cana e até mesmo a casca do arroz, geram quantidade de cinzas e emissão de material particulado para a atmosfera com menor intensidade, mas de igual dano à saúde. É importante observar que as usinas hidroelétricas também geram impactos com emissões, pois nas grandes áreas inundadas além da alteração da biodiversidade, há degradação da matéria orgânica provoca eutrofização e, por consequência, formação de gases.

5. CONCLUSÃO

É notória a capacidade energética mal aproveitada pelo Brasil relativamente ao uso das energias renováveis, especificamente as de origem na biomassa. Este mau aproveitamento sucede em vários níveis e quantidades num país de dimensão continental e num estado como o Rio Grande do Sul, que faz um cerceamento da atividade da silvicultura. O Rio Grande do Sul não conduz ações de proteção à vegetação nativa como deveria, acarretando prejuízo ao desenvolvimento das fontes renováveis dentro da sociedade.

Seria importante um estudo com os ganhos ambientais que advieram da maior preservação de mata nativa, da conservação do solo, das águas e preservação da biodiversidade, além dos ganhos com a compensação de carbono para metas ambientais, algo que é pouco debatido pela sociedade de economias emergentes, e que futuramente poderá abrir novas oportunidades econômicas na busca pelo enquadramento e compensação da emissões.

É urgente que se faça uma atualização no inventário florestal com uso de tecnologias mais atuais, comparando estas informações com o cadastro ambiental e rural registrado pelos proprietários nos órgãos governamentais de controle, melhorando e ampliando o zoneamento disponível para a prática da silvicultura e demais atividades que usam a terra para geração econômica, distribuindo assim a responsabilidade pela preservação, de uma forma transparente e adequada, por todos níveis de governança e gestão. É igualmente essencial o desenvolvimento e a difusão de tecnologias para coleta, tratamento e uso dos resíduos agroindustriais, também como fonte energética com o objetivo de redução de custos produtivos e redução dos aspectos negativos inerentes à produção agroindustrial para que esta se torne mais sustentável e inserida em uma cadeia econômica circular mais rentável.

Como futuro trabalho cabe uma análise econômica da cadeia produtiva da biomassa visando à utilização mais difusa dos produtos e serviços do setor florestal que beneficiem não somente as comunidades locais com segurança energética, mas também os estados, na busca pela eficiência no uso do solo, na

preservação das paisagens e na contribuição para o desenvolvimento territorial sustentável, resguardando os seus valores ambientais ameaçados.

Também é necessário implementar normas para controle e certificação da Biomassa, tanto no que se refere à combustão, quanto na qualidade de produção e no controle de origem, tendo em vista as novas tendências energéticas e preservacionistas. O Brasil, como grande produtor rural em sua diversidade territorial e climática, explora muito pouco da bioenergia que tem, e da elevada capacidade produtiva comparada a outros países, em agronegócio e florestas energéticas fruto da falta de incentivo governamental, estrutural e de políticas públicas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAF - Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas. Anuário Estatístico, 2013. Disponível em: <http://www.ipef.br/estatisticas/relatorios/anuario-abraf13-br.pdf>

ANPEB – Associação Nacional de Pellets Energéticas de Biomassa - Sistema de Certificação de Qualidade para Pellets de Madeira. Disponível em. http://www.anpeb.pt/wp-content/uploads/2012/01/ENplus-Master-Handbook-3-0-part-3-FINALcorrected_PT.pdf

Assembleia da República, 2013 - Relatório – Grupo de Trabalho da Biomassa. Disponível em. www.parlamento.pt/arquivodocumentacao/.../coleccoes_relatorio-bio2013-2.pdf

Amboso – 2018 - Biomasses, energy recovery systems. Disponível em. <http://www.ventilazioneindustriale.it/en/products/biomasses-energy-recovery-systems/>

AGEFLOR - Associação Gaúcha de Empresas Florestais - A Indústria de Base Florestal no Rio Grande do Sul, 2016. Disponível em. www.ageflor.com.br/noticias/wp.../2016/09/AGEFLOR-DADOS-E-FATOS-2016.pdf

Ardila, C. Yurany. Gaseificação da Biomassa para a Produção de Gás de Síntese e Posterior Fermentação para Bioetanol: Modelagem e Simulação do Processo, 2015.

Disponível em.

http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/266052/1/Ardila_YuranyCamacho_D.pdf

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica – Matriz de Energia Elétrica, 2018. Disponível em.
<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/OperacaoCapacidadeBrasil.cfm>

APREN – Associação Portuguesa de Energias Renováveis, 2017 Eletricidade Renovável em Revista. Disponível em. www.apren.pt/contents/files/2017-eletricidade-renovavel-em-revista.pdf

APREN – Associação Portuguesa de Energias Renováveis - BOLETIM ENERGIAS RENOVÁVEIS Edição Mensal Maio de 2017. Disponível em.
<http://www.apren.pt/contents/publicationsreportcarditems/05-boletim-energias-renovaveis-maio.pdf>

APA – Agência Portuguesa do Ambiente - Relatório do Estado do Ambiente 2017. Disponível em.
<https://sniambgeoviewer.apambiente.pt/GeoDocs/geoportaldocs/REA/REA2017/RelatorioEstadoAmbiente2017.pdf>

ABIB - Associação Brasileira das Indústrias de Biomassa e Energia Renovável - Exportação De Cavaco De Madeira E Biomassa, 2017. Disponível em.
<https://pt.linkedin.com/pulse/abib-brasil-biomassa-exporta%C3%A7%C3%A3o-de-cavaco-madeira-e-celso-oliveira>

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica, 2018. Disponível em.
<http://www.aneel.gov.br/ranking-das-tarifas>

APA - Agência Portuguesa do Ambiente - Intensidade Energética E Carbónica Da Economia, 2018. Disponível em. <https://rea.apambiente.pt/content/intensidade-energ%C3%A9tica-e-carb%C3%B3nica-da-economia?language=pt-pt>

Directiva 2009/28/CE. Disponível em.
<http://www.wipo.int/edocs/lexdocs/laws/pt/eu/eu212pt.pdf>

Biomassa Energia - Casca de arroz vira eletricidade no Sul, 2017. Disponível em.
<https://www.biomassabioenergia.com.br/imprensa/casca-de-arroz-vira-eletricidade-no-sul/20170710-101202-n622>

BCSD Portugal - Conselho Empresarial para o Desenvolvimento Sustentável, 2007. Disponível em. <http://www.bcsdportugal.org/wp-content/uploads/2013/11/publ-2008-Biocombustiveis.pdf>

BRASIL Florestal (2017) Biomassa. Ministério das Minas e Energia aprova política de biocombustíveis florestais. Disponível em. <http://brasilflorestal.facebook.com/2017/04/29/ministerio-das-minas-e-energia-aprova-politica-de-biocombustiveis-florestais/>

BRASIL. Ministério de Minas e Energia (MME) Plano Nacional de Energia 2030. Disponível em.
http://www.epe.gov.br/Estudos/Paginas/Plano%20Nacional%20de%20Energia%20%E2%80%93%20PNE/Estudos_12.aspx

BRASIL - Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) Atlas de energia elétrica do Brasil, 2008. Disponível em.
<http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/atlas3ed.pdf>

Biomassa BR - Resíduos Agroflorestais e Agroindustriais para produção de Briquetes e Pellets, 2015. Disponível em.

<http://www.biomassabr.com/bio/resultadonoticias.asp?id=2392>

Bridgwater, A. V. - Renewable fuels and chemicals by thermal processing of biomass.- Chemical Engineering Journal, 2003. Disponível em

<https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.../Renewable%20Fuels.pdf>

Cultivar - Impactos ambientais das queimadas de cana-de-açúcar, 2018.

Disponível em. <https://www.grupocultivar.com.br/artigos/impactos-ambientais-das-queimadas-de-cana-de-acucar>

Caleffi - Componentes para instalações a biomassa, 2016. Disponível em.

<https://www.ffonseca.com/pt/press-revista-renovaveis-magazine-n-26-2-trimestre-2016>

Cardoso, Bruno M. Uso da Biomassa como Alternativa Energética, 2012.

Disponível em. <http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10005044.pdf>.

Couto, Laércio; Müller, Marcelo D. Florestas energéticas no Brasil. In: Cortez, Luís A. B. Lora, Electo E. S. Gómez, Edgardo O (Org). Biomassa para energia. Campinas, SP: Editora da Unicamp, 2008.

Conselho Europeu – Preparar a transição para os biocombustíveis avançados, 2015. Disponível em. <http://www.consilium.europa.eu/pt/press/press-releases/2015/04/28-preparing-transition-advanced-biofuels/>

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento – A Cultura do Arroz, 2015.

Disponível em. <http://www.conab.gov.br>

Canal Rural – Brasil Produz Mais de 10% das Folhas de Tabaco do Mundo, 2015. Disponível em. <http://www.canalrural.com.br/noticias/agricultura/brasil-produz-mais-das-folhas-tabaco-mundo-54797>

Cunha, Laís E. - Estudo De Viabilidade Para Implantação De Sistemas De Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (Ilpf) Em Regiões De Clusters Florestais No Brasil, 2017. Disponível em. <http://www.florestal.gov.br/documentos/informacoes-florestais/premio-sfb/v-premio/monografias-v-premio/graduando-4/3398-005-tmg-monog/file>

COGEM – Associação da Indústria de Cogeração de Energia, 2018. Disponível em. <http://www.cogen.com.br/cogeracao/cogeracao%C2%ADno%C2%ADbrasil/biomassa>

Canal Rural – Notícias - Colheita de Fumo Começa Com Queda na Produção, 2017 Disponível em. <https://canalrural.uol.com.br/noticias/colheita-fumo-comeca-com-queda-producao-69537/>

CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - Carvão Mineral, 2014. Disponível em. <http://www.cprm.gov.br/publique/Redes-Institucionais/Rede-de-Bibliotecas---Rede-Ametista/Canal-Escola/Carvao-Mineral-2558.html>

Dias, J. M. C. de S.; Santos, D. T. dos; Braga, M.; Onoyama, M. M.; Miranda, C. H. B.; Barbosa, P. F. D.; Rocha, J. D. Produção de briquetes e pellets a partir de resíduos agrícolas, agroindustriais e florestais. Brasília, DF: Embrapa Agroenergia, 2012. 132 p.

Dalpasquale, Valdecir A. Secagem de Grãos, 2012. Disponível em. <http://secarmazena.com.br/2012/12/secagem-de-graos/>

ENERDATA – Global Energy Statistical Yearbook, 2017. Disponível em.
<https://yearbook.enerdata.net/electricity/electricity-domestic-consumption-data.html>

EDP – Geração de Vapor na Indústria, 2017. Disponível em.
<http://www.edpbr.com.br/eficiencia-energetica/cases/geracao-de-vapor-na-industria>

Eckert, Caroline T.; Frigo, Elisandro P.; Bastos, Rafaela K.; Junior, Alvaro M.; Mari, Angelo G.; Cabral, Ana C. Biomassa Residual Vegetal. Disponível em.
<http://revistas.ufpr.br/rber/article/view/33811>

Ecycle - O que é biomassa? Quais são os prós e os contras dessa fonte de energia? Disponível em.
<http://www.ecycle.com.br/component/content/article/37/2970-o-que-e-biomassa-energia-cana-de-acucar-materia-organica-producao-co-geracao-combustivel-eficiencia-aquecimento-calor-oleo-bagaco-buriti-andiroba-casca-desvantagens-vantagens-brasil.html>

EPE - Empresa de Pesquisa Energética - Energia Renovável: Hidráulica, Biomassa, Eólica, Solar, Oceânica. Disponível em.
www.epe.gov.br/Documents/Energia%20Renovável%20-%20Online%2016maio2016.pdf

Escobar, F. Javier, 2016. A Produção Sustentável De Biomassa Florestal Para Energia No Brasil: O Caso Dos Pellets De Madeira. Disponível em.
<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/106/106131/tde-23032017-171758/es.php>

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2018. Disponível em.
<https://www.embrapa.br/web/rede-ilpf/o-que-e>

EPE - Empresa de Pesquisa Energética - Matriz Energética e Elétrica, 2015.
Disponível em. <http://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>

Faria, Douglas; Machado, Grazielle; Eichler, Paulo; Boneberg, Bruna; Raye, Fernanda; Vilarés, Matheus; Gomes, Leandro; Santos, Fernando - Cenários e perspectivas das principais culturas do Rio Grande do Sul em processos de biorrefinaria. Disponível em.
<http://revista.uergs.edu.br/index.php/revuergs/article/view/466>

Ferreira, João M. F. Produção de Energia Elétrica, 2016. Disponível em.
<http://www.anpeb.pt/pellets/pellets-no-contexto-energetico-portugues/>

Garcia, D. P.; Caraschi, J. C.; Ventorim, G. Caracterização energética de pellets de madeira. Revista da Madeira, v. 135, p. 14 - 18, 2013

Gandras Energoefektas, 2017. Disponível em.
<http://gandras.net/new/en/equipment/power-plants/boilers/biomass-boilers/small-capacity-biomass-firing-steam-boilers>

Gil, Antônio C. Como elaborar projetos de pesquisa, 2002. Disponível em.
https://professores.faccat.br/moodle/pluginfile.php/13410/mod_resource/content/1/como_elaborar_projeto_de_pesquisa_-_antonio_carlos_gil.pdf

G1 – Rio Grande do Sul – Notícias – Cooperativas do RS, 2018. Disponível em.
<https://g1.globo.com/rs/rio-grande-do-sul/noticia/2018/10/09/cooperativas-do-rs-geram-60-mil-empregos-por-ano-e-faturam-r-43-bilhoes.ghtml>

IBGE - Instituto Brasileiro De Geografia e Estatística - Levantamento e Classificação do Uso da Terra Uso da Terra no Estado do Rio Grande do Sul, 2018. Disponível em. <http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv95891.pdf>

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – Cartografia, 2018.

Disponível em.

http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/default_territ_area.shtm

IBGE – Instituto Brasileiro De Geografia e Estatística - Mudanças Na Cobertura e Uso Da Terra Do BRASIL 2000 – 2010 – 2012 – 2014 (2016). Disponível em.

http://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/cobertura_e_uso_da_terra/mudancas/documentos/mudancas_de_cobertura_e_uso_da_terra_2000_2010_2012_2014.pdf

IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - Diagnóstico dos Resíduos Orgânicos do Setor Agrossilvopastoril e Agroindústrias Associadas. Disponível em.

www.ipea.gov.br/.../relatoriopesquisa/120917_relatorio_residuos_organicos.pdf

IBÁ – Industria Brasileira de Árvores – Relatório IBÁ 2015. Disponível em.

http://IBÁ.org/images/shared/IBÁ_2015.pdf

IBÁ – Industria Brasileira de Árvores – Relatório IBÁ, 2016. Disponível em.

http://IBÁ.org/images/shared/Biblioteca/IBÁ_RelatorioAnual2016_.pdf

IRGA - Instituto Rio Grandense do Arroz. – Área de Produção, 2017. Disponível em. http://www.irga.rs.gov.br/upload/20170724112804produco_rs_historica.pdf

ICNF - Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas - IFN6. Áreas dos usos do solo e das espécies florestais de Portugal continental. Resultados preliminares. Disponível em. <http://www.nercab.pt/media/3650/IFN6.pdf>

INE- Instituto Nacional de Estatística - Estatísticas Agrícolas 2016, 2017.

Disponível em.

https://www.ine.pt/ngt_server/attachfileu.jsp?look_parentBoui=298836962

IRENA - Agência Internacional para as Energias Renováveis, 2017. Disponível em.

<https://bioenergyinternational.com/markets-finance/new-irena-report-finds-renewable-power-generation-technologies-competitive-2020>

IEA – Agência Internacional Energia - World Energy Outlook, 2017. Disponível em. <https://www.iea.org/newsroom/news/2017/march/world-energy-outlook-2017-to-include-focus-on-chinas-energy-outlook-and-the-natu.html>

Imprensa – Média mensal de cotação do Dólar comercial para venda, 2018.

Disponível em.

http://economia.acspservicos.com.br/indicadores_ieg/ieg_dolar.html

Instituto Escolha, 2017. Disponível em. <http://quantoeenergia.escolhas.org>

Jornal do Comércio – Industrial Maio, 2017. Disponível em.

http://jcrs.uol.com.br/_conteudo/2017/05/economia/560896-tres-fabricas-de-pellets-impulsionam-o-mercado-da-madeira-no-rio-grande-do-sul.html#.WQ2oOYJZwfs.facebook

Jornal do Comércio – Agronegócio Agosto, 2017. Disponível em.

https://www.jornaldocomercio.com/_conteudo/economia/2018/08/644043-rio-grande-do-sul-agrega-1-3-milhao-de-hectares-a-silvicultura.html#.W3VMMc_hKss.facebook

LIPPEL, 2018. Disponível em. <http://www.lippel.com.br/br/cavacos-de-madeira.html>

Lourenço, C. Luiz - A última oportunidade para os biocombustíveis no Brasil, 2017. Disponível em. <https://ambienteterritoriosociedade-ics.org/2017/03/15/a-ultima-oportunidade-para-os-biocombustiveis-no-brasil/>

Louro, Graça - A Economia Da Floresta E Do Sector Florestal Em Portugal, 2015. Disponível em. http://www.acad-ciencias.pt/document-uploads/8250166_louro,-graca---a-economia-da-floresta-e-do-sector-florestal-em-portugal.pdf

Leão, Teresa P. e Gírio, Francisco - Biomassa – recurso pouco explorado em Portugal?, 2016. Disponível em. <https://www.ffonseca.com/pt/press-revista-renovaveis-magazine-n-26-2-trimestre-2016>

Lora, Electo E. S. e Salomon, Karina R. - Análise Comparativa Da Utilização Da Biomassa Com Tecnologias Convencionais De Geração Aplicando A Eficiência Ecológica - Universidade Federal de Itajubá, 2004. Disponível em. <http://www.proceedings.scielo.br/pdf/agrener/n5v1/009.pdf>

Ludgero, Stéphanie P.; Aquino, Thiago F, de; Lopes, Amanda M. - Determinação Da Transição de Regimes de Fluidização em Uma Bancada de Leito Fluidizado Circulante Operando a Frio, 2017. Disponível em. <http://www.swge.inf.br/ANAIS/CBCM2017/PDF/CBCM2017-0110.PDF>

Lisboa, Henrique de M. e Schirmer, Waldir N. – Controle da Poluição Atmosférica, 2007. Disponível em. http://www.fap.if.usp.br/~hbarbosa/uploads/Teaching/FisPoluicaoAr2016/Lisboa_Cap7_controle_poluicao_atmosferica_2007.pdf

MMA - Ministério do Meio Ambiente- Biomas, 2018. Disponível em. <http://www.mma.gov.br/biomas/mata-atlantica>

Martin, Samuel; Silva, Jadir N. da; Zanatta, Fabio L.; Galvarro, Svetlana F. S.; Volk, Marcus B. da S. - Estudo do custo de secagem de café pré secado em terreiro de concreto com posterior complementação em secador de fluxos concorrentes e contracorrentes desenvolvido, 2016. Disponível em. http://eventos.abrapos.org.br/anais/paperfile/16_20160821_00-19-59_317.pdf

MME – Ministério de Minas e Energia, Matriz Energética Brasileira, 2007. Disponível em. <https://slideplayer.com.br/slide/1739812/>

MME – Ministério de Minas e Energia, Resenha Energética Brasileira, 2018. Disponível em. <http://www.eletronuclear.gov.br/Imprensa-e-Midias/Documents/Resenha%20Energ%C3%A9tica%202018%20-MME.pdf>

MME - Ministério de Minas e Energia, Resenha Energética Brasileira, 2015. Disponível em. <http://www.mme.gov.br/documents/1138787/1732840/Resenha%2BEnerg%25C3%25A9tica%2B-%2BBrasil%2B2015.pdf/4e6b9a34-6b2e-48fa-9ef8-dc7008470bf2>

Nones, Daniela L. Cadeia Produtiva de Pellets e Briquetes de Biomassa Residual Para Geração de Energia em Santa Catarina, 2014. Disponível em. www.cav.udesc.br/arquivos/id_submenu/663/dissertacao_daniela_leticia_nones.pdf

NOVACANA, 2018. Disponível em. <https://www.novacana.com/n/cana/variedades/especial-cana-energia-revolucao-sucroenergetica-201015/>

Neto, Corrêa N.; Ramon, Dan; Vibhava Ltda; SETAP. Análise de Opções Tecnológicas para Projetos de Cogeração no setor Sucroalcooleiro, 2002.

Disponível em.

http://www.nuca.ie.ufrj.br/infosucro/biblioteca/bim_CorreaNeto_OpcoesCogeracao.pdf

NOCTULA - Centrais termoelétricas em Portugal com altos índices de CO₂, 2018.

Disponível em. <http://noctula.pt/central-termoeletrica-de-sines-e-a-maior-emissora-de-co2-de-portugal/>

Oliveira, Alain de P. e Mendes, Kenia P. Economia e os Mercados Florestais Diagnostico Preliminar e Perspectivas Do Setor Florestal Na Geração De Energia Do Brasil, 2016. Disponível em.

<http://www.florestal.gov.br/documentos/informacoes-florestais/premio-sfb/iii-premio/monografias-iii-premio/graduando-2/670-graduando-2-monografia-1/file>

Oliveira, Stella F. de A. Avaliação Energética da Biomassa do Bagaço de Cana-de-Açúcar em Diferentes Industrias Sucroenergéticas, 2014. Disponível em.

http://www.fcmmpep.org.br/site/sites/default/files/dissertacoes/turma1/Stella_DP-075_2014.pdf

ORC – Orlândia Rádio Clube – Notícias, 2018. Disponível em.

<http://www.orc.com.br/novo/brasil/tratorista-registra-equipe-de-usina-ateando-fogo-a-canavial-em-morro-agudo-veja-video.html>

Portal News – Meio Ambiente, 2015. Disponível em.

http://www.portalnews.com.br/_conteudo/2016/05/brasil_e_mundo/32199-portugal-passar-quatro-dias-com-energia-renovavel.html

PERS-RS - Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Rio Grande do Sul 2015-2034. Disponível em. www.pers.rs.gov.br/noticias/arq/ENGB-SEMA-PERS-RS-40-Final.pdf

Portal das Energias Renováveis, 2017. Biomassa. Disponível em. http://energiasrenovaveis.com/DetalheConceitos.asp?ID_conteudo=5&ID_area=2&ID_sub_area=3

Priberam – “Gaúcho”, 2018. Disponível em. <https://dicionario.priberam.org/ga%C3%BAcho>

Rasera, Cristiane; Mancini, Franciele; Rogado, James; Veiga, Lucimara F. da; Souza, Quézia G. S. de - Álcool, Óleo De Soja E “Soda”: Algumas Considerações Sobre O Preparo De Biodiesel Em Sala De Aula, 2016. Disponível em. <http://sinueloagropecuaria.com.br/wp-content/uploads/2016/09/o-que-e-biodiesel.doc>.

Rocha, Gisele O. da; Andrade, Jailson B. de; Guarieiro, Lílian L. N.; Ramos, Luiz P. - Química Sem Fronteiras: O Desafio Da Energia, 2013. Disponível em. <http://www.scielo.br/pdf/qn/v36n10/10.pdf>

Roberto, Piedade - A Biomassa, uma oportunidade de negócio, 2013. Disponível em. <http://www.centrodabiomassa.pt/>

Silveira, Rogério L. L da. A cultura do tabaco na Região Sul do Brasil: dinâmica de produção, organização espacial e características socioeconômicas, 2015. Disponível em. <https://periodicos.ufsm.br/geografia/article/viewFile/13087/pdf>

SME – Secretaria de Minas e Energia do Estado do Rio Grande do Sul, 2016 – Plano energético do Rio Grande do Sul - Pag. 314- 359. Disponível em. <http://minasenergia.rs.gov.br/upload/arquivos/201603/17083210-13-sme-biomassa-e-bioenergia.pdf>

Serrano, Diego M. C. Avaliação do Potencial de Produção e Exportação de Pellets Combustível no Pólo Florestal da Região Sul do Brasil, 2018. Disponível em. www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?view=000471207

Souza, Samuel N. M. de; Sordi, Alexandre; Oliva, Carlos A. Potencial de energia primária de resíduos vegetais no Paraná 4º Encontro de Energia no Meio Rural, 2002. Disponível em. http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?pid=MSC0000000022002000200042&script=sci_arttext

Spanhol, Alana; Nones, Daniela L.; Kumabe, Fabricio J. B.; Brand, Martha A. Qualidade Dos Pellets De Biomassa Florestal Produzidos Em Santa Catarina Para A Geração De Energia. Floresta, Curitiba, p. 833 – 844 PR, 2015. Disponível em. revistas.ufpr.br/floresta/article/download/37950/26962

SEEG - Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa, 2018. Disponível em. <http://plataforma.seeg.eco.br/sectors/energia>

Show Energy – Biomassa, 2017. Disponível em. <http://showenergy.com.br/biomassa/>

SulGás – Tabela de preço, 2018. Disponível em. <http://www.sulgas.rs.gov.br/sulgas/residencial/tabela-precos>

Tavares, Marília A. de M. E. e TAVARES, Silvio R. de L. Perspectivas Para A Participação do Brasil No Mercado Internacional de Pellets, 2015. Disponível em. <https://www.embrapa.br/solos/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1026763/perspectivas-para-a-participacao-do-brasil-no-mercado-internacional-de-pellets>

Teixeira, Thaisa R. Cenários Para Instalação De Usinas De Biomassa Florestal Em Minas Gerais, 2016. Disponível em. <http://www.locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/8361/texto%20completo.pdf?sequence=1>

Trombeta, Natália de C. e Filho, José V. C. - Potencial e Disponibilidade de Biomassa de Cana-de-açúcar na Região Centro-Sul do Brasil: indicadores agroindustriais, 2017. Disponível em. http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-20032017000300479

UNEP – (United Nations Environmental Programme) - Technologies for Converting Waste Agricultural Biomass to Energy, 2013 Disponível em. <http://www.mag.go.cr/proyectos/proy-residuos-agricolas-org/materiales/Tecnologies%20for%20convertin%20wab%20to%20energy.pdf>

UNICA – União da Indústria da Cana de Açúcar - Área Plantada com cana-de-açúcar, 2010 – 2016. Disponível em. <http://www.unicadata.com.br/historico-de-area-ibge.php?idMn=33&tipoHistorico=5>

Verhoest C., Ryckmans Y. Laborelec (GDF-SUEZ). Industrial wood pellets report, 2012. Disponível em. http://www.enplus-pellets.eu/wp-content/uploads/2012/04/Industrial-pellets-report_PellCert_2012_secured.pdf

Visaspace. Wood or Agricultural Pellets - Pluses & Minuses, 2011.

Disponível em. [http://www.viaspace.com/docs/GiantKingGrass-AsiaPellets Trade Seoul.pdf](http://www.viaspace.com/docs/GiantKingGrass-AsiaPellets%20Trade%20Seoul.pdf)

Vital, Marcos H. F. e Pinto, Marco A. C. Condições para a sustentabilidade da produção de carvão vegetal para fabricação de ferro-gusa no Brasil, 2008.

Disponível em.

http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/bnset/set3006.pdf

Vieira, Nailce A. D. Obtenção de Briquetes a partir da casca do arroz e avaliação do seu potencial energético, 2014. Disponível em.

<https://www.univates.br/bdu/bitstream/10737/.../2014NailceAparecidaDornelesVieira.pdf>

Van Loo, S.; Koppejan, J. The handbook of biomass combustion & co-firing. London: 2008.

Viana, Laryssa F. Potencial Energético do Bagaço e Palhiço de Cana-De-Açúcar, 2011. Disponível em.

http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/3247/1/TESE_Potencial.pdf

Welter, Carline A. Uso da Biomassa Florestal como Estratégia de Redução dos Gases de Efeito Estufa: Estudo de Caso na Fumicultura do Sul do Brasil, 2017

Disponível em.

https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/13279/DIS_PPGEF_2017_WELTER_CARLINE.pdf?sequence=1&isAllowed=y

WPAC – Wood Pellets Association of Canada. Global pellet market outlook in, 2017. Disponível em. <https://www.pellet.org/wpac-news/global-pellet-market-outlook-in-2017>

WBA - World Bioenergy Association - Global Bioenergy Statistics, 2017.

Disponível em https://worldbioenergy.org/uploads/WBA%20GBS%202017_hq.pdf